

**Ministerstvo dopravy a výstavby SR  
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

*TP 049*

**TECHNICKÉ PODMIENKY  
VETRANIE CESTNÝCH TUNELOV**

účinnosť od: 10. 05. 2018

## OBSAH

OBSAH .....	2
1 Úvodná kapitola .....	4
1.1 Vzájomné uznávanie .....	4
1.2 Platnosť technických podmienok (TP).....	4
1.3 Účel a ciele TP.....	4
1.4 Vymedzenie obsahu TP .....	4
1.5 Použitie TP .....	5
1.6 Vypracovanie TP .....	5
1.7 Distribúcia TP .....	5
1.8 Účinnosť TP.....	5
1.9 Nahradenie predchádzajúcich predpisov .....	5
1.10 Súvisiace a citované právne predpisy .....	5
1.11 Súvisiace a citované normy.....	6
1.12 Súvisiace a citované technické predpisy rezortu.....	6
1.13 Súvisiace zahraničné predpisy .....	6
1.14 Použitá literatúra.....	7
1.15 Použité skratky .....	7
2 Termíny a definície .....	8
3 Základné požiadavky a zabezpečenie koncepcie vetrания tunelov.....	9
3.1 Účel vetrания.....	9
3.2 Zabezpečenie koncepcie a požiadavky na projektovú dokumentáciu (PD) vetrания tunelov v jednotlivých stupňoch jej tvorby .....	9
4 Smerodajné projektové parametre .....	11
4.1 Premávka.....	11
4.2 Geometrické parametre tunela .....	11
4.3 Meteorologické podmienky.....	12
4.4 Tepelný výkon návrhového požiaru.....	12
4.5 Množstvo vozidiel v tuneli v čase nehody .....	12
4.6 Vplyv na životné prostredie .....	12
4.7 Rozhrania .....	12
4.8 Stavebné úpravy.....	12
5 Voľba systému a ciele vetrания .....	13
5.1 Postup.....	13
5.2 Kategórie tunelov a koncepcie vetrания .....	13
5.3 Ciele vetrания.....	14
6 Dimenzovanie .....	16
<b>6.1 Všeobecné údaje</b> .....	16
6.2 Dimenzovanie pre normálnu prevádzku .....	18
6.3 Dimenzovanie požiarneho vetrания, všeobecne.....	21
6.4 Dimenzovanie požiarneho vetrания, odsávanie dymu.....	23
7 Vetrание núdzových východov.....	24
7.1 Ochrana únikových ciest v priečnom prepojení proti prenikaniu splodín horenia .....	24
8 Vybavenie tunela .....	25
8.1 Požiadavky .....	25
8.2 Meracie prístroje a detekčné zariadenia .....	25
8.3 Ventilátory.....	29
8.4 Odsávacie klapky.....	30
8.5 Požiadavky na kanálové klapky.....	31
8.6 Požiadavky na medzistrop (rozhranie na stavebnú časť) .....	31
8.7 Hlučnosť .....	31
9 Stratégia riadenia.....	31
9.1 Prevádzkové režimy .....	31
9.2 Požiarne vetrание.....	32
9.3 Vetrание paralelného tunela.....	34
9.4 Požiarne scenáre.....	34
9.5 Normálna prevádzka .....	34
9.6 Údržba .....	34
10 Zabezpečenie kvality .....	34
10.1 Skúšky vo výrobe a v skúšobni (FAT) .....	34

---

10.2	Skúšky v tuneli (SAT) .....	35
11	Dymové skúšky.....	38
11.1	Rozsah dymových skúšok .....	38
11.2	Požiadavky na skúšobný dym .....	39
11.3	Rozsah dokumentácie vyhodnotenia.....	39

# 1 Úvodná kapitola

## 1.1 Vzájomné uznávanie

V prípadoch, kedy táto špecifikácia stanovuje požiadavku na zhodu s ktoroukoľvek časťou slovenskej normy ("Slovenská technická norma") alebo inej technickej špecifikácie, možno túto požiadavku splniť zaistením súladu s:

- (a) normou alebo kódexom osvedčených postupov vydaných vnútroštátnym normalizačným orgánom alebo rovnocenným orgánom niektorého zo štátov EHP a Turecka;
- (b) ktoroukoľvek medzinárodnou normou, ktorú niektorý zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu alebo kódex osvedčených postupov;
- (c) technickou špecifikáciou, ktorú verejný orgán niektorého zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu, alebo;
- (d) európskym technickým posúdením vydaným v súlade s postupom stanoveným v nariadení (EÚ) č. 305/2011.

Vyššie uvedené pododseky sa nebudú uplatňovať, ak sa preukáže, že dotknutá norma nezaručuje náležitú úroveň funkčnosti a bezpečnosti.

„Štát EHP“ znamená štát, ktorý je zmluvnou stranou dohody o Európskom hospodárskom priestore podpísanej v meste Porto dňa 2. mája 1992, v aktuálne platnom znení.

“Slovenská norma” (“Slovenská technická norma”) predstavuje akúkoľvek normu vydanú Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky vrátane prevzatých európskych, medzinárodných alebo zahraničných noriem.

## 1.2 Platnosť technických podmienok (TP)

Technické podmienky (TP) platia na navrhovanie, výstavbu a prevádzku nových cestných tunelov na pozemných komunikáciách. Na projektovanie zmien v už existujúcich tuneloch platia ustanovenia týchto TP v rozsahu odsúhlasenom Ministerstvom dopravy a výstavby SR (MDV SR) a Ministerstvom vnútra SR (MV SR).

## 1.3 Účel a ciele TP

V zhode so znením Smernice európskeho parlamentu (EP) a Rady č. 2004/54/ES z 29. apríla 2004 o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v transeurópskej cestnej sieti a nariadením vlády č. 344/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti, tieto TP stanovujú požiadavky špecifické pre danú krajinu pre výber systému, navrhovanie, realizáciu a prevádzku vetracích systémov v cestných tuneloch v Slovenskej republike.

Cieľom týchto TP je dosiahnuť rovnaké štandardy pri procese projektovania a technických riešeniach cestných tunelov na území SR.

## 1.4 Vymedzenie obsahu TP

Vetrací systém tunela obsahuje všetky elektrické a mechanické zariadenia, požadované na dosiahnutie vyhovujúcej kvality vzduchu v tunelových rúrach, priečných prepojeniach a únikových cestách cestných tunelov na ktoré sa vzťahujú tieto TP.

Integrálnou súčasťou vetracieho systému sú:

- dopravný priestor,
- vetracie kanály,
- vetracie komory,
- ventilátory,
- odsávacie klapky,
- meracie a riadiace zariadenia.

Tieto TP neobsahujú:

- vetranie a klimatizáciu budov, ktoré sú súčasťou konštrukcie tunela,
- vetranie a klimatizáciu technických miestností,

- vetranie a klimatizáciu technických chodieb,
- systém požiarnej detekcie.

V prípade, ak sú ktorékoľvek z ustanovení týchto TP obsiahnuté v iných predpisoch, musia byť použité prísnejšie požiadavky.

## 1.5 Použitie TP

Tieto TP budú použité na projektovanie všetkých cestných tunelov v Slovenskej republike, sú určené pre projektové, investorské a stavebné spoločnosti, ktoré projektujú, navrhujú a realizujú stavby cestných tunelov v Slovenskej republike.

### 1.5.1 Výnimky zo znenia TP

Vo všeobecnosti musí projektant prísne dodržiavať požiadavky uvedené v týchto TP. Ak by to viedlo k riešeniu s nevyváženým vzťahom medzi nákladmi a úžitkom, je možné povoliť výnimky z týchto TP s podmienkou, že výnimky budú schválené MDV SR so súhlasom MV SR.

V tomto prípade musí projektant spracovať:

- podrobné zdôvodnenie, technické a ekonomické dôsledky navrhovanej výnimky,
- analýzu rizík, ak je požadovaná v zmysle znenia [Z2] a [T3].

## 1.6 Vypracovanie TP

Tieto TP na základe objednávky Slovenskej správy ciest (SSC) vypracovala spoločnosť Elgeo -Trading s.r.o., Kukučínova 5, 902 01 Pezinok.

### Zodpovedný riešiteľ:

Ing. Štefan Zelenák, PhD., tel. č.+421 918 777 203, e-mail: [szelenak60@gmail.com](mailto:szelenak60@gmail.com)

### Pracovná skupina:

Ing. Peter Schmidt, Národná diaľničná spoločnosť, a.s.,  
Dipl. Ing. Petr Pospíšil, IP Engineering GmbH / Tunnelventilation.Pro,  
Ing. Juraj Fajtl, Prezídium hasičského a záchranného zboru, MV SR.

## 1.7 Distribúcia TP

Elektronická verzia TP sa po schválení zverejní na webovom sídle SSC: [www.ssc.sk](http://www.ssc.sk) (Technické predpisy rezortu).

## 1.8 Účinnosť TP

Tieto TP nadobúdajú účinnosť dňom uvedeným na titulnej strane.

## 1.9 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Tieto TP nahrádzajú TP 049 Vetrание cestných tunelov (pôvodné označenie TP 12/2011), MDVRR SR: 2011 v celom rozsahu.

## 1.10 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Smernica Európskeho parlamentu (EP) a Rady č. 2004/54/ES z 29. apríla 2004 o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v transeurópskej cestnej sieti;
- [Z2] nariadenie vlády SR č. 344/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti;
- [Z3] vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 244/2016 Z.z. o kvalite ovzdušia;
- [Z4] zákon č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z5] zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon), v znení neskorších predpisov;
- [Z6] zákon č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon), v znení neskorších predpisov;

- [Z7] vyhláška FMD č. 35/1984 Zb., ktorou sa vykonáva zákon o pozemných komunikáciách (cestný zákon);
- [Z8] zákon č. 8/2009 Z. z. o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z9] vyhláška MV SR č. 9/2009 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z10] zákon č. 133/2013 Z. z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení zákona č. 91/2016;
- [Z11] vyhláška MDVRR SR č. 162/2013 Z. z., ktorou sa ustanovuje zoznam skupín stavebných výrobkov a systémy posudzovania parametrov v znení vyhlášky č. 177/2016.

### 1.11 Súvisiace a citované normy

STN 73 6100	Názvoslovie pozemných komunikácií
STN 73 7507	Projektovanie cestných tunelov
STN EN 13501-4 (92 0850)	Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 4: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok požiarnej odolnosti prvkov zariadení na odvod spodín horenia
STN EN 12101-6 (92 0530)	Zariadenia na odvod dymu a spodín horenia. Časť 6: Zariadenia na vytvorenie rozdielu tlaku. Zostavy
STN EN 12101-3 (92 0530)	Zariadenia na odvod tepla a spodín horenia. Časť 3: Požiadavky na odsávacie ventilátory tepla a spodín horenia
STN EN ISO 5801 (12 2022)	Priemyselné ventilátory. Skúšanie výkonnosti s použitím ventilačných tunelov (ISO 5801: 2008)
STN EN ISO 5802 (12 2023)	Priemyselné ventilátory. Skúšanie výkonnosti "in situ" (ISO 5802: 2001)
STN EN ISO 13350 (12 2021)	Ventilátory. Skúšanie výkonnosti prúdových ventilátorov (ISO 13350: 2015)
STN ISO 1940-1 (01 1410)	Mechanické kmitanie. Požiadavky na kvalitu vyváženia rotorov v nemennom (tuhom) stave. Časť 1: Špecifikácia a overovanie tolerancií vyváženia
STN EN 60034-1 (35 0000)	Točivé elektrické stroje. Časť 1: Menovité údaje a vlastnosti
STN ISO 1996-1 (01 1621)	Akustika. Opis, meranie a posudzovanie hluku vo vonkajšom prostredí. Časť 1: Základné veličiny a postupy posudzovania
STN EN 10088-1 (42 0927)	Nehrdzavejúce ocele. Časť 1: Zoznam nehrdzavejúcich ocelí

*Poznámka: Súvisiace a citované normy vrátane aktuálnych zmien, dodatkov a národných príloh.*

### 1.12 Súvisiace a citované technické predpisy rezortu

[T1]	TP 020	Tunelové názvoslovie, MDPT SR: 2006;
[T2]	TP 029	Zariadenia, infraštruktúra a systémy technologického vybavenia pozemných komunikácií, MDPT SR: 2008;
[T3]	TP 041	Analýza rizík pre slovenské cestné tunely, MDVRR SR: 2011;
[T4]	TP 093	Centrálny riadiaci systém a vizualizácia - tunely, MDVRR SR: 2015;
[T5]	TP 099	Protipožiarna bezpečnosť cestných tunelov, MDVRR SR: 2015;

### 1.13 Súvisiace zahraničné predpisy

[T6]	Metodický pokyn Větrání silničních tunelů	Voľba systému, navrhovanie a zabezpečenie kvality vetracích systémov diaľničných tunelov, MD-ČR, 2013;
[T7]	TP 98	Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací, MD ČR, 2004;

[T8]	NFPA 502	Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways, 2017 Edition, [Norma pre cestné tunely, mosty a cestné komunikácie s limitovaným prístupom, diaľnice, 2017];
[T9]	RABT 2006	Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln, RABT, 2006, [Smernica o vybavení a prevádzke cestných tunelov, Nemecko, 2006];
[T10]	RVS 09.02.31	Tunnel, Tunnelausrüstung, Belüftung, Grundlagen, Österreich, 2014, [Tunel, tunelové vybavenie, vetranie, základy, Rakúsko, 2014];
[T11]	ISO 14694	Industrial fans – Specifications for balance quality and vibration levels, [Priemyselné ventilátory - špecifikácie pre kvalitu vyváženia a úrovne vibrácií].

#### 1.14 Použitá literatúra

- [L1] K. Opstad, P. Aune, J.E. Henning: Fire Emergency, Ventilation Capacity for Road Tunnels with Considerable Slope, 9. ICAVVT, Aosta, October 1997, pp. 535-543 [Kapacita vetrania pre cestné tunely s veľkým sklonom, 9. ICAVVT, Aosta, október 1997, str. 535-543].

#### 1.15 Použité skratky

<b>A</b>	plocha svetlého priečneho rezu tunela	(m <sup>2</sup> )
<b>ADR</b>	Európska dohoda o medzinárodnej cestnej preprave nebezpečných vecí	
<b>c<sub>co</sub></b>	koncentrácia oxidu uhoľnatého CO	(ppm)
<b>CO</b>	oxid uhoľnatý	(ppm)
<b>c<sub>p</sub></b>	tepelná kapacita prúdu čistého vzduchu	(J/(kg.K))
<b>CRS</b>	centrálny riadiaci systém	
<b>EPS</b>	elektrická požiarne signalizácia	
<b>FAT</b>	Factory Acceptance Tests, skúšky vo výrobe	
<b>g</b>	gravitačné zrýchlenie	(m/s <sup>2</sup> )
<b>H</b>	svetlá výška tunela	(m)
<b>HaZZ</b>	hasičský a záchranný zbor	
<b>KT</b>	kategórie tunelov	
<b>l<sub>t</sub></b>	dĺžka tunela	(m)
<b>L<sub>kl</sub></b>	netesnosť klapky	(m <sup>3</sup> /s)
<b>L<sub>ka</sub></b>	netesnosť kanála	(m <sup>3</sup> /s)
<b>L<sub>max,kl</sub></b>	maximálna merná netesnosť klapky	(m <sup>3</sup> /(s.m <sup>2</sup> ))
<b>L<sub>max,ka</sub></b>	maximálna merná netesnosť kanála	(m <sup>3</sup> /(s.km))
<b>MDVRR SR</b>	Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky	
<b>NO<sub>2</sub></b>	oxid dusičitý	(ppm)
<b>NO<sub>x</sub></b>	nitrozne plyny	(ppm)
<b>OP</b>	opacita	(1/km)
<b>Δp</b>	barometrický rozdiel tlakov medzi portálmi tunela	(Pa)

<b>P<sub>0</sub></b>	ročný priemer barometrického tlaku	(Pa)
<b>Δp<sub>t</sub></b>	tlaková strata trením	(Pa)
<b>Δp<sub>po</sub></b>	vztlak požiaru	(Pa)
<b>p<sub>max</sub></b>	maximálny rozdiel tlakov pôsobiacich na medzistrop	(Pa)
<b>Q</b>	tepelný výkon požiaru	(W)
<b>s</b>	pozdĺžny sklon tunela (negatívny ak tunel klesá)	(%)
<b>SAT</b>	Site Acceptance Tests, skúšky v tuneli	
<b>SHZ</b>	Stabilné hasiace zariadenie	
<b>SIT</b>	System Integration Tests, integrálne testy systému	
<b>T<sub>a</sub></b>	teplota prúdu čistého vzduchu	(K)
<b>T<sub>a,x</sub></b>	x-percentil vonkajšej teploty	(°C)
<b>T<sub>i,s</sub></b>	teplota vnútri tunela v lete	(°C)
<b>T<sub>i,w</sub></b>	teplota vnútri tunela v zime	(°C)
<b>u<sub>w</sub></b>	rýchlosť vetra	(m/s)
<b>v<sub>crit</sub></b>	kritická rýchlosť prúdenia	(m/s)
<b>W</b>	svetlá šírka tunela	(m)
<b>ρ<sub>a</sub></b>	hustota prúdu čistého vzduchu	(kg/m <sup>3</sup> )

## 2 Termíny a definície

V týchto TP sú použité termíny a definície podľa [T1]:

1. **jednosmerná premávka:** premávka vozidiel iba v jednom smere v jednej tunelovej rúre
2. **obojsmerná premávka:** premávka vozidiel v protismerných prúdoch v jednej tunelovej rúre
3. **dvojrúrový tunel:** tunel s dvoma tunelovými rúrami spravidla s jednosmernou premávkou
4. **jednorúrový tunel:** tunel s jednou tunelovou rúrou s jednosmernou alebo obojsmernou premávkou
5. **samozáchrana:** schopnosť užívateľa tunela dosiahnuť bezpečné miesto alebo voľné priestranstvo, samostatne alebo pomocou iných užívateľov tunela
6. **úniková cesta:** trvalo voľná komunikácia alebo priestor v stavbe, ktorá umožňuje bezpečnú evakuáciu osôb zo stavby alebo z požiarneho úseku ohrozeného požiarom na voľné priestranstvo alebo do priestoru, ktorý nie je ohrozený požiarom [pozri tiež článok 1.2.9 STN 73 7507]
7. **úniková štôľňa:** štôľňa spravidla paralelná s tunelovou rúrou, budovaná ako objekt únikovej cesty prepojený s tunelovou rúrou priečnymi prepojeniami
8. **priečne prepojenie:** podzemný objekt spájajúci dve tunelové rúry alebo tunelovú rúru s únikovou štôľňou, ktorý je súčasťou únikovej cesty
9. **svetlý prierez tunela:** priečny obrys líca ostenia, horných hrán vozovky a núdzových chodníkov tunela stanovený s ohľadom na prípustné medzné odchýlky; [STN 73 7507]
10. **vetrací kanál:** samostatný oddelený priestor v tunelovej rúre určený na prívod alebo odvod vzduchu
11. **medzistrop:** horizontálna konštrukcia oddeľujúca dopravný priestor od vetracieho kanála nad dopravným priestorom
12. **odsávacia klapka:** klapka zabudovaná v medzistrope, ktorá slúži na reguláciu odsávaného vzduchu, alebo splodín horenia z dopravného priestoru
13. **centrálny riadiaci systém:** hardvér a softvér integrujúci ovládanie a kontrolu všetkých technologických zariadení tunela do jedného celku



14. **meranie fyzikálnych veličín:** zariadenia na meranie fyzikálnych veličín ovzdušia v tuneli a pred tunelom pre potreby riadenia vetrania
15. **vetrací systém tunela:** obsahuje všetky elektrické a mechanické zariadenia požadované na dosiahnutie vyhovujúcej kvality vzduchu v tunelových rúrach, priečných prepojeniach a únikových cestách
16. **prirodzené vetranie:** výmena vzduchu v tuneli cez portály tunela, pri ktorom dochádza k pozdĺžnemu prúdeniu z dôvodu piestového účinku dopravy, účinku rozdielov teplôt a meteorologických tlakových rozdielov medzi portálmi
17. **mechanické vetranie:** výmena vzduchu v tuneli pomocou mechanických zariadení
18. **pozdĺžne vetranie:** výmena vzduchu v tuneli výlučne v pozdĺžnom smere pomocou prúdových ventilátorov v dopravnom priestore tunela
19. **polopriečne vetranie:** výmena vzduchu v tuneli pomocou mechanických zariadení, pri ktorom sa čerstvý vzduch privádza z vetracieho kanála do dopravného priestoru po celej dĺžke tunela, pričom sa odvod vzduchu uskutočňuje cez portály
20. **priečne vetranie:** výmena vzduchu v tuneli pomocou mechanických zariadení, pri ktorom sa čerstvý vzduch privádza z vetracieho kanála do dopravného priestoru a zároveň sa znečistený vzduch odsáva z dopravného priestoru do kanála na odvod vzduchu po celej dĺžke tunela

### 3 Základné požiadavky a zabezpečenie koncepcie vetrania tunelov

#### 3.1 Účel vetrania

##### 3.1.1 Vetrание pri normálnej prevádzke

Pre bežnú prevádzku, údržbu a práce v tuneli, ďalej pre oblasť životného prostredia musí vetranie zabezpečiť:

- Dostatočnú viditeľnosť v tuneli a pri portáloch tunela pre bezpečnú prevádzku dopravy.
- Dodržiavanie povolených hraničných hodnôt škodlivých látok pri krátkodobom vystavení účastníkov dopravy v tuneli.
- Dodržiavanie povolených hraničných hodnôt škodlivých látok pri dlhodobom vystavení pracovníkov údržby v tuneli.
- Ochranu okolia vchodu, východu tunela a výdušných objektov pred nadmernými emisiami škodlivých látok, nachádzajúcich sa v tuneli.
- Ochranu okolia vchodu, východu tunela, komínov a výdušných objektov pred hlučnosťou spôsobenou vetracími zariadeniami.

##### 3.1.2 Vetrание v prípade požiaru

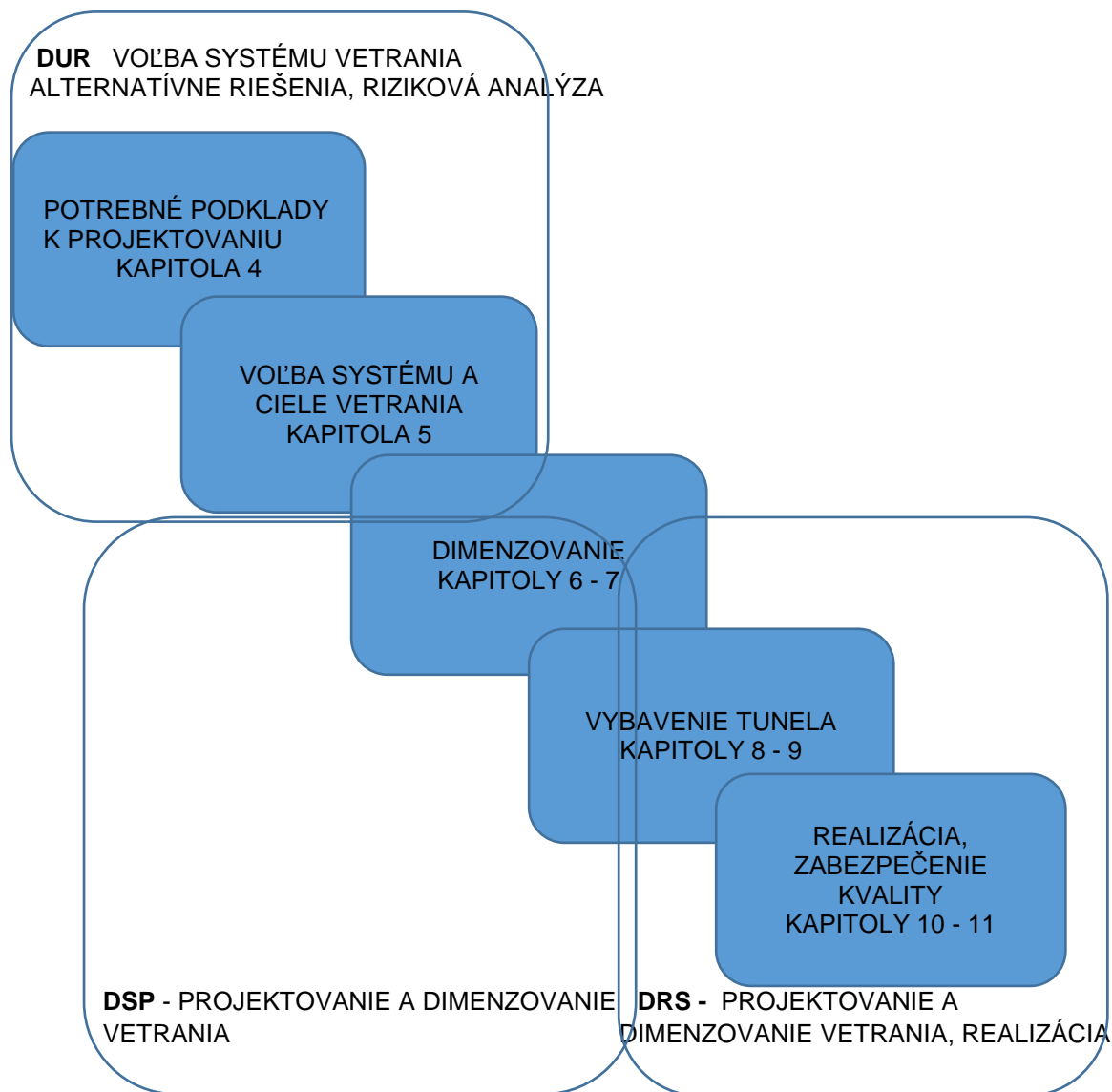
Pri požiaru v tuneli musí vetranie:

- Vytvoriť podmienky pre samozáchranu užívateľov tunela (Krok 1).
- Zabezpečiť ochranu únikových ciest a núdzových východov pred vniknutím splodín horenia.
- Umožniť bezpečný postup príslušníkov HaZZ a iných zasahujúcich jednotiek zásahovými cestami k požiarovisku a tým zredukovať jeho trvanie (Krok 2).
- Obmedziť poškodenie tunela.

**Pri nehode bez požiaru** ochrániť užívateľov tunela pred unikajúcimi toxickými látkami.

#### 3.2 Zabezpečenie koncepcie a požiadavky na projektovú dokumentáciu (PD) vetrania tunelov v jednotlivých stupňoch jej tvorby

Zabezpečenie koncepcie vetrania a dlhšie kroky pri aplikovaní týchto technických podmienok v jednotlivých stupňoch projektovania a tvorby projektovej dokumentácie je na obrázku 1.



Obrázok 1 - Dielčie kroky pri aplikovaní týchto TP v jednotlivých stupňoch projektovania

### 3.2.1 Dokumentácia pre vydanie územného rozhodnutia (DUR)

V dokumentácii pre vydanie územného rozhodnutia sa z hľadiska vetrania tunela rieši najmä:

- Dopravné údaje v štruktúre, tak ako je uvedené v čl. 4.1 týchto TP.
- Geometrické parametre tunelových rúr situovanie portálov, tunelových rúr, šácht, vzduchotechnických objektov tak, ako je uvedené v čl. 4.2 týchto TP.
- Predpokladané koncepcie a systém vetrania tunelovej rúry tak, ako je uvedené v čl. 5.1 a 5.2 týchto TP.
- Návrh vetrania.
- Predpokladaný systém únikových ciest z tunelovej rúry.
- Návrh vetrania únikových ciest.

Pre návrh vetracieho zariadenia je možné použiť predbežné hraničné hodnoty podľa čl. 4.3 týchto TP.

Pre výber koncepcie vetrania pri tuneloch s dĺžkou nad 3 000 m je potrebné spracovať riešenie alternatívnym spôsobom a vybrať čo najjednoduchšiu koncepciu. Zložitejší systém vetrania je možné použiť len vtedy, keď jednoduchšia koncepcia nesplní definované požiadavky. Požiadavky sa musia splniť s čo najnižšími nákladmi na investície, prevádzku a údržbu s ohľadom na minimalizáciu stavebných nákladov. Keď nie je jednoznačne vyhovujúce pozdĺžne vetranie, je nutné spracovať

analýzu rizík tak, ako je uvedené v čl. 5.2 týchto TP vychádzajúcu z požiaru v tuneli. Je potrebné porovnať rozdielne varianty vetrания tunela, únikových ciest a pre každú variantu predbežne vypočítať náklady na investície, prevádzku a údržbu.

**Pre ďalší návrh vetracích zariadení v stupni DSP je potrebné vykonať meranie meteorologických podmienok uvedených v čl. 4.3 týchto TP.**

### 3.2.2 Dokumentácia pre vydanie stavebného povolenia (DSP)

V PD pre vydanie stavebného povolenia sa pre návrh vetracích zariadení musia použiť **reálne namerané hodnoty** vonkajších vplyvov podľa čl. 4.3 týchto TP.

Dokumentácia DSP musí obsahovať:

- výpočet potreby čistého vzduchu v tuneli v súlade s čl. 6.2 týchto TP,
- dimenzovanie a návrh ventilátorov,
- umiestnenie ventilátorov a súvisiace stavebné úpravy,
- stanovenie potrebného príkonu,
- návrh meracích zariadení,
- vetrание servisných objektov,
- stanovenie vzduchotechnických kanálov a stavebných riešení sacích, alebo výdušných objektov.

Výpočty, dimenzovanie a riadenie vetrания sa musia overiť pomocou dynamických simulácií.

## 4 Smerodajné projektové parametre

### 4.1 Premávka

Predpokladané údaje o premávke v roku otvorenia tunela a o 10 a 20 rokov po ňom sa musia zobrať do úvahy pre návrh vetrания podľa toho, čo spôsobuje väčšie požiadavky na vetrание.

Predpokladané údaje o premávke musia obsahovať:

- rok uvedenia tunela do prevádzky,
- priemernú dennú hustotu premávky podľa smeru (v roku otvorenia a o 10 a 20 rokov neskôr),
- množstvo ťažkých nákladných automobilov podieľajúcich sa na doprave (v roku otvorenia a o 10 a 20 rokov neskôr),
- údaje o doprave ADR,
- jednosmernú, resp. obojsmernú premávku. Pri tuneloch s jednosmernou premávku ako často a ako dlho budú prevádzkované v obojsmernej premávke,
- prognózu početnosti kongescií na každú tunelovú jednotku vyjadrenú počtom hodín v roku otvorenia o 10 a 20 rokov potom (podľa [T10] malá frekvencia  $\leq 25$  h/rok, stredná od 25 do 75 h/rok, 75 h/rok  $\leq$  veľká frekvencia). Zohľadňovať treba zvláštnosti na jednotlivých úsekoch, v predzónach tunela (vjazdy, výjazdy, križovatky atď.) a možnosti ovplyvňovania dopravy,
- smerodajnú rýchlosť, najvyššiu povolenú rýchlosť,
- nerovnomernosť dopravy,
- predpokladané zmeny v doprave (v roku otvorenia a o 10 a 20 rokov neskôr).

### 4.2 Geometrické parametre tunela

Na projektovanie a dimenzovanie vetrания majú vplyv najmä nasledovné geometrické parametre:

- počet tunelových rúr,
- poloha všetkých tunelových rúr, vetví tunela a jeho portálov,
- počet jazdných pruhov na každú tunelovú rúru, prípadne vetvu tunela,
- dĺžka tunela na každú tunelovú rúru a vetvu tunela,
- pozdĺžny profil (dĺžky stúpania, resp. klesania) s nadmorskou výškou,
- smerodajné prierezy tunelovej rúry, vrátane núdzových zálivov,

- poloha priečných prepojení medzi tunelovými rúrami,
- možné polohy vzduchotechnických strojovní a odsávacích komínov,
- parametre núdzových východov, únikových a záchranných štôlní, ich dĺžka, tvar a sklon,
- predpokladané neskoršie rozsiahle zmeny (v roku otvorenia a o 10 a 20 rokov neskôr).

#### 4.3 Meteorologické podmienky

Vetrací systém musí dosahovať ciele vetrania za týchto predpokladaných, resp. meraním stanovených meteorologických podmienok:

a) tlak (pre každý portál):

- 95 - percentil rozdielu atmosférických tlakov medzi portálmi tunela  $\Delta p$  (Pa),
- 95 - percentil najvyššej rýchlosti vetra v smere k portálom tunela (Pa),

b) teplota (pre výpočet vztlaku):

- 5 a 95 - percentil vonkajších teplôt  $T_{a,5}$  a  $T_{a,95}$  (°C),
- teploty vnútri tunela počas zimy  $T_{i,w}$  a leta  $T_{i,s}$  zároveň (°C).

**Pre interpretáciu sa má použiť najnevýhodnejšia kombinácia vyššie spomenutých situácií.**

#### 4.4 Tepelný výkon návrhového požiaru

Pre prípad požiaru sa musí vziať do úvahy množstvo uvoľneného tepla (tepelný výkon návrhového požiaru) podľa tabuľky 7.

Pre účel posúdenia prúdenia tepla, stanovenie teploty, vztlaku a rýchlosti vytvárania spodín horenia sa musí zobrať do úvahy špičková hodnota tepelného výkonu požiaru. Účinky prenosu tepla do stien tunela na výber vetracieho systému sa musia zohľadňovať overeným spôsobom.

#### 4.5 Množstvo vozidiel v tuneli v čase nehody

Ak je výskyt kongescie (dopravnej zápchy) občasný alebo pravidelný, scenáre požiarneho vetrania musia vziať do úvahy skutočnosť, že tunel je naplnený vozidlami.

Ak môže byť výskyt kongescie vylúčený, pre scenáre požiarneho vetrania sa môže predpokladať, že vozidlá po spustení núdzovej reakcie do tunela nevstupujú.

#### 4.6 Vplyv na životné prostredie

Environmentálne posúdenie sa vykoná podľa [Z3] a [Z4]. Výsledky posúdenia musia byť rešpektované pri návrhu vetracieho systému.

#### 4.7 Rozhrania

Návrh systému vetrania obsahuje viacero väzieb a požiadaviek na iné profesie. Tieto väzby a požiadavky musia byť identifikované a vzájomná koordinácia musí byť vykonaná najneskôr v etape projektovania pre vydanie stavebného povolenia.

#### 4.8 Stavebné úpravy

Pri dvojrúrovňových tuneloch, jednorúrovňovom tuneli a únikovej štôlni sa musí primeranými opatreniami (hlavne odstupom medzi portálmi v smere jazdy o viac ako 30,0 m ) zabrániť recirkulácii vzduchu medzi portálmi. Betónové vetracie kanály musia spĺňať aspoň rovnakú požiarnu odolnosť [T5] ako mechanické časti. Musia byť schopné vydržať statické aj dynamické aerodynamické účinky.

## 5 Voľba systému a ciele vetrania

### 5.1 Postup

Systém vetrania je súhrnom všetkých elektrických a mechanických zariadení potrebných na zabezpečenie vetrania pre všetky príslušné scenáre. Systém vetrania musí pokrývať všetky možné miesta nehôd, ktoré definujú príslušné scenáre. Pre každý scenár sa musia definovať podmienky na základe ktorých budú splnené ciele vetrania.

Scenáre pre vetrание v čase požiaru a pre normálnu prevádzku definuje požadovaný systém vetrania. Pokiaľ dostupnosť zariadení pre vetrание v čase požiaru nie je zhoršená, tieto zariadenia sa môžu použiť aj pre normálnu prevádzku. Pre vetrание núdzových východov sa musia vziať do úvahy tlaky pre príslušné scenáre.

Prevádzkové hľadiská systému vetrania musia pokrývať aspoň referenčnú hustotu  $1,2 \text{ kg/m}^3$  alebo hustotu pri  $\rho_0$  a  $T_{a,5}$  z čl. 4.3 týchto TP podľa toho, ktorá je väčšia. Pre požiar sa musia zohľadňovať vypočítaná teplota a objemová hmotnosť vzduchu.

Postup určenia systému a stanovenia cieľov vetrania:

- 1 Stanovenie dennej hustoty premávky na smer a jazdný pruh.
- 2 Stanovenie smerodajných dĺžok tunela. Dĺžka tunela je definovaná ako najväčšia dĺžka v osi komunikácie od vstupného po výstupný portál. Prekrytie komunikácie konštrukciou, prekrývajúcou viac ako polovicu jej šírky (galéria) ako aj tunely vo vzdialenosti menšej ako 200 m od portálu tunela sa pripočítajú k celkovej dĺžke tunela. Pri rozvetvených tunelových systémoch určuje smerodajnú dĺžku tunela najväčšia možná dĺžka trasy dymu z požiaru.
- 3 Určenie kategórie tunelov podľa tabuľky 1 týchto TP.
- 4 Stanovenie základných druhov premávky. Pri voľbe vetracieho systému nie je nutné zohľadňovať výnimočnú obojsmernú premávku v tunelových rúrach s jednosmernou premávkou.
- 5 Určenie koncepcie vetrania tunela podľa tabuľky 2 týchto TP.
- 6 Stanovenie cieľov vetrania podľa tabuľky 3 týchto TP.

### 5.2 Kategórie tunelov a koncepcie vetrania

Pre požiarne vetrание sú smerodajné kategórie uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 - Kategórie tunelov

Kategórie tunelov	A	B	C
Premávka	Tunely s jednosmernou premávkou a malou pravdepodobnosťou kongescie (bežné diaľničné tunely)	Tunely s jednosmernou premávkou a veľkou pravdepodobnosťou kongescie (bežné dvojrúrové mestské tunely)	Tunely s obojsmernou premávkou

Podľa Európskej smernice [Z1] a nariadenia vlády [Z2], tunely s premávkou  $> 2\,000$  vozidiel / (deň, jazdný pruh) a dĺžkou  $> 1\,000$  m musia byť vybavené systémom mechanického vetrania. Pre ostatné tunely se dá nutnosť systému mechanického vetrania posúdiť podľa rizikovej analýzy.

Tunely s premávkou  $> 10\,000$  vozidiel / (deň, smer) musia byť dvojrúrové, s jednosmernou premávkou (kategória A alebo B).

Rozhodujúcim faktorom pre rozlíšenie tunelov kategórie A alebo B je výhradne otázka, či môžu vozidlá v prípade nehody opustiť tunel v dopravnom smere od miesta incidentu alebo či zostanú uviaznuté.

Uvedené skutočnosti musia byť posúdené rizikovou analýzou pri voľbe kategórie tunela a koncepcie vetrania. **Pri rizikovej analýze je potrebné vziať do úvahy pravdepodobnosť výskytu kongescie**

a posúdiť tiež faktory, ktoré môžu mať vplyv na jej vznik, ako riziko hustej premávky, množstvo ťažkých nákladných vozidiel, riadenie dopravy v pripájajúcej sa cestnej sieti, ale aj geometrické parametre tunela (sklon, jeho zakrivenie a dĺžka ).

Kategória a dĺžka tunela definuje koncepciu systému vetrania. Koncepcie vetrania sú uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2 - Koncepcie vetrania v závislosti od kategórie a dĺžky tunela

Kategória tunela	Dĺžka tunela (m)	Koncepcia vetrania	
A, B, C	$l_t \leq 500$	A1, B1, C1	nepožaduje sa žiadne mechanické vetranie
A	$500 < l_t \leq 3\,000$	A 2	pozdĺžne vetranie
	$3\,000 < l_t$	A2 alebo	pozdĺžne vetranie iba ak výsledky analýzy rizík preukazujú prijateľné riziko, inak
	$3\,000 < l_t$	A3	odsávanie dymu v blízkosti miesta požiaru
B, C	$500 < l_t \leq 1\,000$	B2, C2	pozdĺžne vetranie
	$l_t > 1\,000$	B2, C2 alebo	pozdĺžne vetranie iba ak výsledky analýzy rizík preukazujú prijateľné riziko, inak
	$l_t > 1\,000$	B3, C3	odsávanie dymu v blízkosti miesta požiaru

Pri dlhých tuneloch kategórie A a B môžu viesť požiadavky na vetranie pre normálnu prevádzku k vybudovaniu stanice na výmenu vzduchu (odsávanie s následným prívodom čerstvého vzduchu).

Pri dlhých tuneloch kategórie C môžu viesť požiadavky na vetranie pre normálnu prevádzku k vybudovaniu priečného vetrania (rovnomerne rozdelený prívod a odsávanie vzduchu), ktorý sa v prípade požiaru musí prepnúť na koncentrované odsávanie v blízkosti miesta požiaru.

### 5.3 Ciele vetrania

Zhotoviteľ systému vetrania je zodpovedný za dosiahnutie cieľov vetrania pri preberacích skúškach podľa čl. 10.5 (vrátane správnej funkcie meracích zariadení a prístrojov, ich rozmiestnenia a riadenia vetrania atď.).

#### 5.3.1 Požiarne vetranie, krok 1 (samozáchrana)

Cieľom vetrania pri kroku jedna je stabilizácia prúdenia vzduchu v tuneli na cieľovú hodnotu prostriedkom regulácie pozdĺžneho prúdenia. Cieľové hodnoty pre jednotlivé kategórie tunelov sú uvedené v tabuľke 3.

Tabuľka 3 - Cieľové hodnoty vetrания (cieľových rýchlostí bez tolerancií merania) pre jednotlivé kategórie tunelov a koncepcie vetrания

Kategória tunela	Cieľové hodnoty vetrания pre jednotlivé kategórie tunelov a koncepcie vetrания	
	Systém bez odsávania dymu	Systém s odsávaním dymu v blízkosti požiaru
A	Pozdĺžne vetrание, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,5 – 2,0 m/s v smere dopravy	Rýchlosť pozdĺžneho prúdenia, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,5 – 2,0 m/s z oboch strán k miestu odsávania
	Pozdĺžne vetrание, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,0 – 1,5 m/s v smere prúdenia meraného pri detekcii požiaru pri mimoriadnej obojsmernej premávke v jednej tunelovej rúre	
B	Pozdĺžne vetrание, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,0 – 1,5 m/s v smere dopravy	Rýchlosť pozdĺžneho prúdenia, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,5 – 2,0 m/s z oboch strán k miestu odsávania
C	Pozdĺžne vetrание, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,0 – 1,5 m/s v smere prúdenia meraného pri detekcii požiaru	Rýchlosť pozdĺžneho prúdenia, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,5 – 2,0 m/s z oboch strán k miestu odsávania

V kroku 1 sa spustí požiarne vetrание automaticky. Požadovaný stav prúdenia v zasiahnutom tuneli sa musí dosiahnuť najneskôr 120 s po detekcii požiaru. Prúdové ventilátory v blízkosti požiaru, kde sa pravdepodobne môže vyskytnúť vrstvenie dymu pod stropom sa nesmú spustiť.

### 5.3.2 Požiarne vetrание krok 2 (hasenie požiaru)

Cieľom vetrания v kroku 2 je jednostranné odvetranie dymu. Rýchlosť prúdenia studeného vzduchu musí dosahovať hodnotu kritickej rýchlosti stanovenej podľa vzťahu (15).

Krok dva sa spustí manuálne na žiadosť HaZZ, po úspešnom ukončení samozáchranu užívateľov tunela. Pri spustení kroku dva je potrebné zobrať do úvahy skutočnosť, že v smere prúdenia dymu sa podstatne zhoršia podmienky na samozáchranu.

Jednostranné odvetranie dymu je tiež scenár automatickej reakcie požiarneho vetrания v kroku 1 pre požiare v blízkosti portálov, a preto je smerodajný pre dimenzovanie vetrания pre všetky tunely, nezávisle od kategórie tunela.

### 5.3.3 Nehody bez vytvárania dymu

Nehody bez vytvárania dymu nie su smerodajné na dimenzovanie. Pri vzniku nehody bez vytvárania dymu, ale s vplyvom na zloženie ovzdušia v tuneli sa spustí požiarne vetrание.

### 5.3.4 Ciele vetrания pre normálnu prevádzku

Vnútri tunela sa nesmú prekročiť prahové hodnoty pre opacitu a koncentráciu CO uvedené v tabuľke 4.

Tabuľka 4 - Prahové hodnoty pre jednotlivé prevádzkové stavy tunela

Stav v tuneli	Oxid uhoľnatý CO (ppm)	Opacita OP (km <sup>-1</sup> )
Údržbárske práce	30	3
Plynulá premávka s rýchlosťou dopravy 50-100 km/h, pobyt v tuneli do 15 min	70	5
Preťažená premávka, riadenie dopravy	100	7
Uzavretie tunela	150	12

Pri dodržaní hodnôt opacity sa dá predpokladať že nebudú rovnako prekročené aj neprípustné hodnoty CO, NOx a ďalších škodlivín.

Pri nepretržitom prekročení hodnôt na odstavku tunela po dobu 60 s je nutné tunel uzavrieť.

Keď je spustené vetrание pri normálnej prevádzke tunela, pozdĺžna rýchlosť prúdenia vzduchu nesmie prekročiť hodnotu 10 m/s.

## 6 Dimenzovanie

Dimenzovanie vetracích zariadení sa realizuje pre požiarne vetrание a pri dlhých tuneloch dodatočne pre normálnu prevádzku. Prísnejšie požiadavky sú smerodajné.

Údaje v tejto kapitole sa obmedzujú na technické zvláštnosti súvisiace s vetraním a empirické hodnoty na zjednotenie výpočtov. Zásadné fyzikálne rovnice obsahuje odborná literatúra.

### 6.1 Všeobecné údaje

#### Objemová hmotnosť vzduchu

Pre výpočty tlakových strát je potrebné poznať strednú objemovú hmotnosť vzduchu, ktorá závisí od nadmorskej výšky a teploty.

Pre zabezpečenie výkonových parametrov motorov pre ventilátory je potrebné zobrať do úvahy vysokú objemovú hmotnosť v mieste nameraných nízkych teplôt.

#### Údaje o vozidlách

Za plochu odporu jedného stredne veľkého osobného a stredne veľkého nákladného vozidla pri čelnom prúdení v tuneli platí:

$$(c_W \cdot A_v)_{PW} = 0,9 \quad (\text{m}^2) \quad (1)$$

$$(c_W \cdot A_v)_{LW} = 5,2 \quad (\text{m}^2) \quad (2)$$



kde:

$c_w$  je koeficient aerodynamického odporu vozidla (-),  
 $A_v$  čelná plocha osobného alebo nákladného vozidla ( $m^2$ ).

Účinky tlaku vozidiel  $\Delta p_v$  na vzduch v jazdnom priestore sa počítajú zo sumy rozdielu rýchlostí každého vozidla a rýchlosti prúdenia vzduchu v mieste vozidla.

$$\Delta p_{FZ} = \frac{\rho_a (v_{FZ} - v)^2 \cdot (c_w \cdot A_v)_{FZ}}{A} \quad (\text{Pa}) \quad (3)$$

$$\Delta p_v = \sum \Delta p_{FZ} \quad (\text{Pa}) \quad (4)$$

kde:

$v_{FZ}$  je rýchlosť vozidla (m/s),  
 $\Delta p_{FZ}$  tlak jedného vozidla (Pa),  
 $v$  rýchlosť prúdenia vzduchu v tuneli (m/s),  
 $A$  plocha svetlého prierezu tunela ( $m^2$ ).

#### Údaje o tuneli (smerné hodnoty)

1. koeficienty straty tlaku pri prúdení cez tunelovú jednotku sú:

- koeficient straty tlaku na vstupe vetracieho prúdu do tunela

$$\xi_{ZT} = 0,6 \quad (-) \quad (5)$$

- koeficient straty tlaku na výstupe vetracieho prúdu z tunela

$$\xi_{KT} = 1,0 \quad (-) \quad (6)$$

2. Koeficient trenia v tunelovej jednotke pre betónový povrch

$$\lambda_T = 0,015 \quad (-) \quad (7)$$

3. Strata tlaku trením na tunelovú jednotku o dĺžke  $l$ :

$$\Delta p_T = \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot \left( \xi_{ZT} + \lambda \frac{l}{D_H} + \xi_{KT} \right) \quad (\text{Pa}) \quad (8)$$

kde:

$l_t$  je dĺžka tunela (m),

$v$  rýchlosť prúdenia vzduchu v tuneli (m/s),

$D_H$  hydraulický priemer tunela (m).

Vo výpočtoch je potrebné zohľadňovať tiež miestne straty, zapríčinené napr. zmenou prierezu tunela, dopravným značením atď..

## 6.2 Dimenzovanie pre normálnu prevádzku

Pre tunely kategórie A s dĺžkou do 8 000 m, a B resp.C do 3 000 m sa dá predpokladať, že vetracie zariadenie dimenzované na požiarne vetranie bude vždy dostatočné i pre normálnu prevádzku, alebo že pre normálnu prevádzku nebude potrebné žiadne vetranie. Pri týchto tuneloch nie je potrebné dimenzovanie pre normálnu prevádzku.

Pre ostatné tunely sa odporúča vypočítať objemový prietok čerstvého vzduchu pre prirodzené vetranie pri normálnej prevádzke.

Nezávisle na tom môže byť požadované vetracie zariadenie na obmedzenie emisií z portálov za normálnej prevádzky emisnou štúdiou [Z3] a [Z4].

Pre normálnu prevádzku vetracích zariadení sa musia splniť nasledujúce požiadavky:

- dostupnosť zariadení potrebných pre zabezpečenie vetrania v čase požiaru nesmie byť ohrozená,
- koncepcia vetrania musí byť energeticky účinná,
- pozdĺžne vetranie musí byť schopné dosiahnuť v tuneli rýchlosť prúdenia vzduchu aspoň 1.5 m/s (požiadavka platí aj pri nevyváženej obojsmernej prevádzke, to neplatí pre tunely s priečnym vetraním),
- pozdĺžna rýchlosť prúdenia vzduchu nesmie prekročiť 10 m/s.

### 6.2.1 Údaje o dopravnej premávke

#### 6.2.1.1 Smerodajná premávka

Pri dimenzovaní vetrania sa aplikuje predpokladaná najvyššia hodnota smerodajnej hodinovej premávky o 10 a 20 rokov po otvorení tunela. Pri tuneloch s jednosmernou premávkou sa rieši každá tunelová rúra osobitne.

Pojem normálna prevádzka zahŕňa všetky už počas projektovania zohľadňované dopravné prípady, prípadne výnimočnú obojsmernú premávku v tuneli s jednosmernou premávkou, ako aj zablokovanú premávku.

#### 6.2.1.2 Stav premávky

V prípade obojsmernej premávky sa pri dimenzovaní vetrania musia vziať do úvahy nevyvážené hustoty premávky tak ako je uvedené v tabuľke 5.

Tabuľka 5 - Rozdelenie premávky podľa smerov pre výpočet pozdĺžneho vetrania pri obojsmernej premávke

<b>Smer 1</b>	40 %	60 %
<b>Smer 2</b>	60 %	40 %

Ak je dopravná kongescia pravdepodobná alebo istá, výpočet potreby čerstvého vzduchu musí vziať do úvahy premávku pri nízkych rýchlostiach.

Ak je dopravná kongescia nepravdepodobná môže sa predpokladať, že priemerná rýchlosť vozidiel je väčšia ako 30 km/h.

### 6.2.1.3 Výnimočná obojsmerná premávka

Pri dimenzovaní zvoleného vetracieho systému pre normálnu prevádzku nie je nutné zohľadňovať výnimočnú obojsmernú premávku.

### 6.2.2 Hodnoty na dimenzovanie kvality vzduchu

Na dimenzovanie vetrania pre bežnú prevádzku sa odporúčajú hodnoty kvality vzduchu v jazdnom priestore uvedené v tabuľke 6.

Tabuľka 6 - Hodnoty oxidu uhoľnatého a opacity na dimenzovanie

Oxid uhoľnatý ( $C_{CO}$ ) (ppm)	Opacita ( $C_{OP}$ ) ( $km^{-1}$ )
70	5

Pri dodržaní hodnôt na opacitu a CO na dimenzovanie je dodržaná aj hodnota na nitrózne plyny, takže nie je nevyhnutné samostatné dimenzovanie na  $NO_x$ .

### 6.2.3 Výpočet objemového prietoku vzduchu

Výpočet objemového prietoku vzduchu je popísaný v čl. 6.2.3.1 až 6.2.3.4

#### 6.2.3.1 Požadovaný objemový prietok čerstvého vzduchu k zníženiu koncentrácií oxidu uhoľnatého CO

Celková emisia  $E_{CO}$  v tuneli na dĺžke  $l_t$  je :

$$E_{CO} = \frac{(n_{PW} \cdot e_{PWCO} + n_{LW} \cdot e_{LWCO})}{3600} \quad (m^3/s) \quad (9)$$

kde:

$n_{PW}$  je počet osobných vozidiel (ks),

$n_{LW}$  počet nákladných vozidiel v tuneli, resp. v uvažovanom úseku pri plynulej premávke na základe smerodajnej premávky za hodinu (ks),

$e_{PWCO}$  emisie CO osobného vozidla ( $m^3/h$ ) [T7],

$e_{LWCO}$  emisie CO nákladného vozidla ( $m^3/h$ ) [T7],

Objemový prietok čerstvého vzduchu  $Q_{FLCO}$  na riedenie emisií  $E_{CO}$  je:

$$Q_{FLCO} = \frac{E_{CO}}{C_{CO}} \cdot 10^6 \quad (m^3/s) \quad (10)$$

kde:

$C_{CO}$  je limit koncentrácií z tab. 6 (ppm).

### 6.2.3.2 Požadovaný objemový prietok čerstvého vzduchu na odstránenie zníženej viditeľnosti

Celková emisia  $E_{OP}$  znižujúca viditeľnosť v tuneli je:

$$E_{OP} = \frac{(n_{PW} \cdot e_{PWOP} + n_{LW} \cdot e_{LWOP})}{3600} \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (11)$$

kde:

$n_{PW}$  je počet osobných vozidiel (ks),

$n_{LW}$  počet nákladných vozidiel v tuneli, resp. v uvažovanom úseku pri plynulej premávke na základe smerodajnej premávky za hodinu (ks),

$e_{PWOP}$  emisie osobného vozidla znižujúce viditeľnosť ( $\text{m}^2/\text{h}$ ) [T7],

$e_{LWOP}$  emisie nákladného vozidla znižujúce viditeľnosť ( $\text{m}^2/\text{h}$ ) [T7].

Objemový prietok čerstvého vzduchu  $Q_{FL,OP}$  na odstránenie zníženej viditeľnosti:

$$Q_{FL,OP} = \frac{E_{OP}}{C_{OP}} \cdot 10^3 \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (12)$$

kde:

$C_{OP}$  je limit opacity z tabuľky 6 ( $\text{km}^{-1}$ ).

### 6.2.3.3 Minimálny požadovaný objemový prietok čerstvého vzduchu

Aby bolo možné zabezpečiť v tuneli stabilné prúdenie vyžaduje sa pri dimenzovaní určiť najmenší objemový prietok čerstvého vzduchu  $Q_{FL,min}$  v závislosti od svetlého prierezu tunela  $A$ .

$$Q_{FL,min} = A \cdot 1,5 \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (13)$$

kde:

1,5 je rýchlosť prúdenia vzduchu v tuneli (m/s),

$A$  plocha svetlého prierezu tunela ( $\text{m}^2$ ).

### 6.2.3.4 Smerodajný požadovaný objemový prietok čerstvého vzduchu

Potrebný objemový prietok čerstvého vzduchu  $Q_{FL,max}$  sa určuje ako najvyššia hodnota.

$$Q_{FL,max} = \max(Q_{FL,CO}, Q_{FL,OP}, Q_{FL,min}) \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (14)$$

kde:

$Q_{FL,CO}$ ,  $Q_{FL,OP}$ ,  $Q_{FL,min}$  sú hodnoty určené zo vzťahov (10,12,13).

## 6.3 Dimenzovanie požiarneho vetrania, všeobecne

### 6.3.1 Tepelný výkon požiaru

Tepelný výkon navrhovaného požiaru určuje pre stacionárny návrh vetrania nasledujúce hodnoty:

- vztlak,
- tlaková strata spôsobená požiarom,
- tlakové straty spôsobené zmenou objemovej hmotnosti.

Smerodajný tepelný výkon požiaru pre návrh vetrania sa určuje podľa predpokladaného počtu ťažkých nákladných vozidiel (TNV) v tunelovej rúre, tabuľka 7.

Tabuľka 7 - Smerodajný tepelný výkon požiaru v závislosti od výskytu TNV podľa [T9]

Počet ťažkých nákladných vozidiel na tunelovú rúru a deň (TNV. km/deň a TR)	Smerodajný tepelný výkon požiaru (MW)
TNV ≤ 100	5
100 < TNV ≤ 4 000	30
4 000 < TNV ≤ 6 000	50
TNV > 6 000	Zvýšenie tepelného výkonu na základe rizikovej analýzy

Odlíšny tepelný výkon požiaru je v prípade potreby možné určiť na základe rizikovej analýzy.

Za možné miesto dopravnej udalosti je nutné považovať každý bod tunelovej rúry po celej jej dĺžke.

### 6.3.2 Stanovenie kritickej rýchlosti prúdenia vzduchu

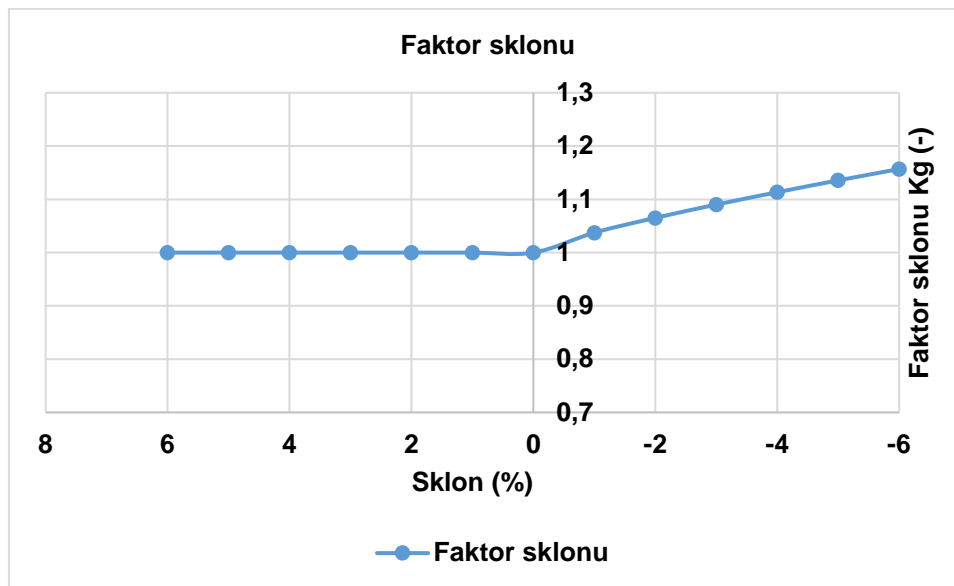
Odporúča sa výpočet kritickej rýchlosti podľa Kennedyho modelu z [T8], vzťah (15).

$$v_{\text{crit}} = K_1 \cdot K_g \cdot \left( \frac{g \cdot H \cdot Q}{\rho \cdot c_p \cdot A \cdot T_f} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{m/s}) \quad (15)$$

kde:

$v_{\text{crit}}$	je kritická rýchlosť	(m/s),
$K_1$	0,606 (Froudov faktor, (Fr -1/3)	(-),
$K_g$	faktor sklonu (obrázok 2)	(-),
$g$	tiažové zrýchlenie	(m/s <sup>2</sup> ),
$H$	výška tunela na strane požiaru	(m),
$Q$	tepelný výkon požiaru odovzdávaný do vzduchu	(W),
$\rho$	priemerná objemová hmotnosť privádzaného vzduchu	(kg/m <sup>3</sup> ),
$c_p$	hmotnostná tepelná kapacita	(J/kg.K),
$A$	plocha svetlého prierezu tunela	(m <sup>2</sup> ),

- $T_f$  priemerná teplota plynov na strane požiaru (K),  
 $T$  teplota privádzaného vzduchu (K).



Obrázok 2- Faktor sklonu  $K_g$  pre určenie kritickej rýchlosti  $v_{crit}$

### 6.3.3 Požiarny vztlak

V tuneloch s pozdĺžnym sklonom pôsobí požiar následkom teplotných rozdielov na vzduch v jazdnom priestore. Pri dimenzovaní vetrania je treba zohľadňovať vztlak [L1] podľa vzťahov (16,17 a 18).

$$T_f = \frac{Q}{\rho \cdot A \cdot c_p \cdot v} + T_0 \quad (\text{K}) \quad (16)$$

$$\Delta p_{po} = \frac{v \cdot g \cdot i \cdot \rho}{c} \cdot \ln \left[ \frac{T_0 + (T_f - T_0) \cdot \exp\left(\frac{c \cdot L_T}{v}\right)}{T_f} \right] \quad (\text{Pa}) \quad (17)$$

$$c = - \frac{\alpha \cdot U_T}{\rho \cdot A \cdot c_p} \quad (1/\text{s}) \quad (18)$$

kde:

- $i$  je sklon (%),  
 $v$  rýchlosť prúdenia (m/s),

g	tiažové zrýchlenie	(m/s <sup>2</sup> ),
ρ	priemerná objemová hmotnosť vzduchu	(kg/m <sup>3</sup> ),
c <sub>p</sub>	hmotnostná tepelná kapacita	(J/kg.K),
α	koeficient vedenia tepla	(W/m <sup>2</sup> .K),
Q	tepelný výkon požiaru odovzdávaný do vzduchu	(W),
A	plocha svetlého prierezu tunela	(m <sup>2</sup> ),
U <sub>T</sub>	obvod priečného rezu tunela	(m),
L <sub>T</sub>	dĺžka tunela	(m),
T <sub>0</sub>	teplota vzduchu pred požiarom	(K),
T <sub>f</sub>	priemerná teplota plynov v mieste požiaru	(K).

#### 6.3.4 Pozdĺžne prúdenie

Vo všetkých tuneloch s mechanickým vetraním, nezávisle od systému vetrania sa musí dosiahnuť v tunelovom priestore prúdenie studeného vzduchu s rýchlosťou  $v_{crit}$  stanovenou podľa (15) pri smerodajných protitlakoch. Na to je potrebné vypracovať výpočet pre stacionárny stav.

Dodatočne k stacionárnym výpočtom je nutné dokázať dynamickou simuláciou, že sa dá dosiahnuť cieľový stav podľa požiadaviek z čl. 5.3 do času 120 s, so zohľadnením smerodajných protitlakov a s parametrami podľa čl. 4.3 a 4.1 a 4.2.

Vo výpočtoch musí byť zohľadnená variabilná objemová hmotnosť vzduchu pri vysokých teplotách v blízkosti požiaru.

#### 6.3.5 Množstvo vozidiel v tuneli v čase nehody

Pre výpočet množstva vozidiel v tuneli v čase požiaru sa predpokladá:

- že pri jednosmernej premávke (kategórie tunelov A a B) zostane v tuneli 100 % priemerného počtu vozidiel a počet vozidiel, ktoré vojdú do tunela za 3 min po zistení požiaru,
- že pri obojsmernej premávke (kategórie tunelov C) zostane v tuneli 50 % priemerného počtu vozidiel a počet vozidiel, ktoré vojdú do tunela za 3 min po zistení požiaru.

#### 6.3.6 Redundancia

Požadované pozdĺžne prúdenie je nutné dosiahnuť pri výpadku jednej skupiny ventilátorov (na jednom mieste).

### 6.4 Dimenzovanie požiarneho vetrania, odsávanie dymu

#### 6.4.1 Objemový prietok odsávania

Minimálny objemový prietok odsávania na danom mieste  $Q_{ods}$  sa dá stanoviť nasledovne:

$$Q_{ods} = A \cdot 2,0 \quad (m^3/s) \quad (19)$$

kde:

A je plocha svetlého prierezu tunela (m<sup>2</sup>),  
2,0 rýchlosť prúdenia vzduchu (m/s).

Pri dimenzovaní ventilátorov na odsávanie (objemový prietok a tlak) sa musia zohľadniť netesnosti vetracieho kanála a klapiek, variabilná hustota vzduchu pri vysokých teplotách v blízkosti požiaru a chladenie dymu vo vzduchotechnických kanáloch pre kritické miesto odsávania.

Dodatočná tlaková rezerva sa musí zohľadniť pre nepriaznivé podmienky pri paralelnom nábehu a chode viacerých ventilátorov.

#### 6.4.2 Dĺžka zadymenej zóny

V systémoch s odsávaním dymu v blízkosti miesta požiaru sa zadymená zóna musí obmedziť na maximálne 200 m.

#### 6.4.3 Odsávacie klapky

Veľkosť odsávacích klapiek sa zvolí tak, aby priemerná rýchlosť prúdenia cez otvor klapky neprekročila 20 m/s.

#### 6.4.4 Netesnosti

Na dimenzovanie odsávania sa povolené netesnosti musia zdvojnásobiť. Povolené netesnosti pre odsávacie klapky a kanál sú uvedené v čl. 8.4.3 a v čl. 8.6.

#### 6.4.5 Redundancia

Požadovaný objemový prietok odsávania sa musí dosiahnuť pri výpadku jedného odsávacieho ventilátora alebo jednej odsávacej klapky.

## 7 Vetracie núdzových východov

Pri tuneloch s dvoma rúrami slúžia priečne prepojenia do susednej tunelovej rúry ako únikové cesty. Ako únikové cesty tiež slúžia priečne prepojenia medzi tunelovou rúrou a samostatnou únikovou štôľňou. Priečne prepojenia musia byť uzatvorené dverami.

### 7.1 Ochrana únikových ciest v priečnom prepojení proti prenikaniu splodín horenia

Je zabezpečená vytvorením pretlaku v únikovej ceste. Pretlak musí byť taký, aby zabezpečil ochranu únikovej cesty a aby sila potrebná na otvorenie dverí neprekročila hodnotu 100 N. Pretlak je možné vytvoriť:

- Prúdovými ventilátormi v nezasiahnutej tunelovej rúre. V takomto prípade musí byť dosiahnutý pretlak v nezasiahnutej tunelovej rúre voči zasiahnutej tunelovej rúre min 30 Pa pri všetkých priečných prepojeniach. Pretlak voči zasiahnutej tunelovej rúre sa dosiahne keď sú súčasne otvorené dve dvere priečného prepojenia.
- Samostatným vetracím zariadením. Pretlak voči zasiahnutej tunelovej rúre sa dosiahne, keď sú otvorené jedny z dvoch dverí priečného prepojenia na strane zasiahnutej tunelovej rúry.

Rýchlosť prúdenia vzduchu cez otvorené únikové dvere pre osoby musí byť väčšia ako 1,0 m/s. Prúdenie musí byť rovnomerné so smerom do dopravného priestoru tunelovej rúry s incidentom. Hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu musí byť dosiahnutá vo všetkých bodoch prierezu otvorených dverí. Rýchlosť prúdenia vzduchu cez otvorené dvere pre osoby nesmie byť väčšia ako 6 m/s.

Pre časy dlhšie ako 60 s po spustení núdzovej reakcie sa tieto ciele vetracieho musia dosiahnuť najneskôr 3 s po otvorení únikových dverí. Požiadavky na rýchlosti prúdenia a časy pre dosiahnutie cieľov je potrebné splniť pri všetkých priečných prepojeniach a pri otvorení jedných, alebo súčasnom otvorení oboch dverí priečného prepojenia.

Pri samostatných paralelných únikových štôľňach do ktorých sú zaústené priečne prepojenia z tunelovej rúry, musia byť požiadavky rýchlosti prúdenia dodržané pri súčasne otvorených dverách v dvoch priečných prepojeniach.

Pri samostatných paralelných únikových štôľňach musí byť na každom portáli jeden ventilátor, ktorý sám splní požiadavky vetracieho únikových ciest. Pri únikových štôľňach ústiach iba do jedného portálu musia vetracie únikových ciest zabezpečovať dva ventilátory situované na portáli štôľne. Vetracie únikových ciest musí zabezpečiť jeden ventilátor, druhý tvorí výkonovú rezervu.



## 8 Vybavenie tunela

### 8.1 Požiadavky

Vybavenie cestných tunelov zariadeniami musí zodpovedať aktuálnemu stavu techniky. Ďalej musí spĺňať nasledovné požiadavky:

- dobrá prístupnosť pre údržbu,
- odolnosť komponentov proti korózii, všetky ocelové komponenty zariadenia inštalovaného v tunelovej rúre, na kontakte s tunelovou rúrou, resp. slúžiace na odsávanie vzduchu z dopravného priestoru (inštalované vo vetracom kanáli) musia byť vyhotovené z nerezovej ocele A4 podľa STN EN 10088 – 1,
- dostupnosť náhradných dielov.

#### 8.1.1 Dodávka elektrickej energie, napájanie

Spôsob zásobovania tunela elektrickou energiou musí zabezpečiť jeho bezporuchovú a bezpečnú prevádzku. Tunel sa musí napájať elektrickou energiou z dvoch nezávislých zdrojov. Spôsoby napájania tunela riešia [T2].

Projekt vetrания tunelových rúr stanoví minimálne požiadavky na napájanie, ovládanie a reguláciu ventilátorov a vetrания.

#### 8.1.2 Teplotná odolnosť častí systému vetrания

Časti systému vetrания, ktoré môžu byť vystavené účinkom splodín horenia, musia zostať prevádzky schopné 120 min pri teplote najmenej 200 °C. Monitorovacie, resp. ochranné zariadenia častí systému vetrания, ktoré môžu byť vystavené účinkom splodín horenia a v čase požiaru nebudú alebo nemôžu byť vyradené z prevádzky, musia mať rovnakú teplotnú odolnosť ako časti systému vetrания.

Záver analyzy rizík môžu viesť k vyšším alebo nižším požiadavkám.

#### 8.1.3 Nadväznosti na technologické vybavenie tunela a určenie zodpovednosti

Za rozmiestnenie meracích a detekčných zariadení je zodpovedný projektant merania fyzikálnych veličín v tuneli v súčinnosti a na základe požiadaviek projektanta vetrания tunela.

Zodpovedný projektant vetrания tunela stanoví požiadavky na poskytovanie informácií z EPS ústredne (Elektrická požiarňa signalizácia), prostredníctvom riadiaceho systému, tiež ďalšie požiadavky na rozhranie CRS (Centrálny riadiaci systém) z iných subsystémov, ak sú požadované, t. j. stanoví rozhranie v súlade s [T4].

Určenie zonácie tunela stanoví Projekt protipožiarnej bezpečnosti tunela v súlade s požiadavkami a potrebami nadväzujúcich systémov (napr. Vetrание, CRS, Uzatvorený televízny okruh, EPS, Premenné dopravné značenie a pod.).

### 8.2 Meracie prístroje a detekčné zariadenia

Podrobný popis a rozsah signálov prenášaných prostredníctvom CRS je stanovený v [T4].

#### 8.2.1 Všeobecne

Vetrací systém tunela musí zaistiť bezpečnosť užívateľov tunela počas normálnej prevádzky a tiež v prípade mimoriadnej udalosti.

Namerané, resp. detekované údaje potrebné na správnu činnosť vetrания tunela sú poskytované prostredníctvom CRS v súlade s [T4], ak nie je určené inak.

Uvedenie vetrания do prevádzky pri bežnej, nerušenej premávke je dané spravidla prekročením hraničných nameraných hodnôt veličín, ktoré majú vplyv na kvalitu ovzdušia v tuneli:

- koncentrácia CO (ak je požadovaná),
- koncentrácia NOx (ak je požadovaná),
- opacita (viditeľnosť).

Uvedenie vetrания do prevádzky pri nehode je dané spravidla prekročením hraničných nameraných hodnôt veličín, ktoré majú vplyv na kvalitu ovzdušia v tuneli, prípadne pri detekcii požiaru v tuneli (kedy je potrebné znížiť pôsobenie účinkov dymu a tepla na osoby nachádzajúce sa v tuneli,

ochrániť únikové cesty proti splodinám horenia a umožniť zásah jednotiek HaZZ pri zdolávaní požiaru a vykonávaní záchranných prác). Sú to najmä:

- koncentrácia CO (ak je požadovaná),
- koncentrácia NO<sub>x</sub> (ak je požadovaná),
- opacita (viditeľnosť),
- detekcia dymu,
- detekcia hmly (ak je požadovaná),
- rýchlosť a smer prúdenia vzduchu,
- nárast teploty (detegovaný snímačmi teploty, príp. informácia z CRS o detegovaní líniovým teplotným EPS hlásičom),
- informácie z videodetekčného systému,
- informácie z EPS ústredne (prostredníctvom CRS, napr. EPS hlásiče, požiarne zóny a pod.).

### 8.2.1.1 Rozmiestnenie snímačov a detekčných zariadení

Tak ako je uvedené v čl. 8.2.1 týchto TP snímače a detekčné zariadenia slúžia na aktiváciu a riadenie vetrania a preto je potrebné aby ich rozmiestnenie a činnosť boli zosúladené s požiadavkami vetrania.

### 8.2.1.2 Požiadavky na vyhotovenie zariadení

Všetky zariadenia inštalované v tuneli musia svojim vyhotovením a inštaláciou vyhovieť minimálne požiadavkám stanoveným v [T2], a čl. 8.1 týchto TP, ak protokol o určení vonkajších vplyvov pre dané umiestnenie zariadenia nestanoví inak.

### 8.2.1.3 Minimálne požiadavky na rozsah merania a presnosť merania

Všetky meracie prístroje inštalované v tuneli musia spĺňať minimálne požiadavky v presnosti merania uvedené v tabuľke 8.

Tabuľka 8 - Rozsah, presnosť a čas reakcie merania fyzikálnych veličín

Meraná veličina	Rozsah merania	Presnosť merania	Čas reakcie
Rýchlosť prúdenia	-12 až +12 m/s	$\pm (0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 1 \% \text{ konečnej hodnoty})$	
Opacita typ O s vysokou presnosťou a malým rozsahom	0 až 15 km <sup>-1</sup>	V rozsahu 0 až 15 km <sup>-1</sup> presnosť $\pm 0,2 \text{ km}^{-1}$	
Opacita typ D s nízkou presnosťou a veľkým rozsahom, detektor dymu	0 až 3 000 km <sup>-1</sup>	V rozsahu 0 až 15 km <sup>-1</sup> presnosť $\pm 1 \text{ km}^{-1}$	Skoková zmena hodnoty o viac ako 10 km <sup>-1</sup> pri rýchlosti prúdenia 1 m·s <sup>-1</sup> musí byť zaznamenaná do 10 s, pri rýchlosti prúdenia pod 1 m·s <sup>-1</sup> do 30 s
CO	0 až 300 ppm	V rozsahu 0 až 150 ppm $\pm 5 \text{ ppm}$ , v rozsahu 150 až 300 ppm $\pm 12 \text{ ppm}$	
NO <sub>2</sub>	0 až 5 ppm	V rozsahu 0 až 1 ppm $\pm 0,05 \text{ ppm}$ , v rozsahu 1 až 5 ppm $\pm 2 \%$ z konečnej hodnoty	
Teplota	-20 až +40 °C	$\pm 0,5 \text{ °C}$	
Relatívna vlhkosť	0 až 100 %	$\pm 1 \%$	

#### 8.2.1.4 Kalibrácia meracích zariadení

Všetky meracie zariadenia, ktoré sa používajú v tuneli musia byť kalibrované (pred uvedením do prevádzky ako aj počas nej), o čom sa predloží protokol s potrebnými informáciami o kalibrácii (názov organizácie, dátum kalibrácie, dátum vyhotovenia protokolu, informácia o spôsobe kalibrácie a pod.).

#### 8.2.1.5 Rýchlosť a presnosť určenia stavu a miesta udalosti

Rýchle zistenie stavu dopravnej udalosti je rozhodujúce pre účinnosť inštalovaného vetracieho zariadenia. Pre správne riadenie systému vetrania je rozhodujúce tiež správne určenie miesta nehody a udalosti.

#### 8.2.1.6 Čas reakcie meracích systémov

Čas reakcie meracích systémov, ktoré sa používajú na zisťovanie dopravnej udalosti musí byť maximálne 10 s. Pre riadenie pri normálnej prevádzke je účelné použiť údaje o meraní, ktoré boli zaznamenané počas dlhšieho časového intervalu.

#### 8.2.1.7 Požiadavka na zálohovanie

Zariadenia umiestnené v blízkosti požiaru môžu zlyhať. Ak je na riadenie systému vetrania potrebné uvedené zariadenie, musí sa zabezpečiť jeho záloha na alternatívnom mieste. Meracie zariadenia musia byť pripojené k riadiacemu systému vetrania buď priamo alebo prostredníctvom CRS.

#### 8.2.1.8 Upresnenie vzťahu elektrická požiarňa signalizácia a meracie a detekčné zariadenia

Meracie a detekčné zariadenia inštalované v tuneli, ako detektory dymu, snímače fyzikálnych veličín, videodetekčný systém a pod., nie sú súčasťou elektrickej požiarnej signalizácie, pokiaľ nie je určené inak v projekte EPS, prípadne iným predpisom.

### 8.2.2 Meracie zariadenia smeru a rýchlosti prúdenia vzduchu

Meracie zariadenia smeru a rýchlosti prúdenia vzduchu sú veľmi dôležité pre správnu funkciu požiarneho vetrania. Musia spĺňať vysoké požiadavky na spoľahlivosť v podmienkach tunela počas celej doby živostnosti zariadenia. Ich dôležitosť je v tom, že pri prípadnej poruche merania nie je možná správna regulácia rýchlosti prúdenia vzduchu.

V každom tuneli, kde sa vykonáva regulácia rýchlosti prúdenia vzduchu, je nutné inštalovať najmenej tri meracie miesta na meranie smeru a rýchlosti prúdenia vzduchu, tak aby bolo možné výsledok merania krížovo skontrolovať aspoň s dvomi ďalšími anemometrami.

Smer a rýchlosť prúdenia vzduchu v dopravnom priestore je nutné merať minimálne v nasledujúcich miestach:

- Tunely s pozdĺžnym vetraním tri meracie miesta rozložené po dĺžke tunela. Každé meracie miesto pozostáva z jedného anemometra a jedného snímača teploty. Ďalšie meracie miesta v tuneli vo vzájomnej vzdialenosti max. 1 000 m.
- Tunely s odsávaním jedno meracie miesto na každý portál, ďalšie meracie miesta v tuneli vo vzájomnej vzdialenosti max. 1 000 m. Každé meracie miesto pozostáva z troch anemometrov vo vzájomnej vzdialenosti cca 20 m s rovnakou plochou svetlého prierezu a jedného snímača teploty vzduchu.
- Pri tunelových komplexoch, tunelových sieťach musia byť ďalšie meracie miesta umiestnené v každej vetve.

Vzdialenosť snímačov od portálov, zálivov a prúdových ventilátorov nesmie byť kratšia ako 80 m. Ak je potrebné umiestniť snímač v blízkosti prúdových ventilátorov je potrebné túto skutočnosť zohľadniť v riadení vetrania, aby sa merač pri prevádzke ventilátorov nebral do úvahy.

Minimálna vzdialenosť snímačov a meracích zariadení od prekážok v prúde vzduchu nesmie byť kratšia ako 50 m. Taktiež musí byť zabezpečené, aby sa inštalované zariadenia navzájom negatívne neovplyvňovali.

Meracie zariadenia, ktoré slúžia na stanovenie vstupnej hodnoty pre riadenie a reguláciu vetrania musia byť kalibrované v tuneli buď sieťovým meraním 5 x 5 bodov podľa STN EN ISO 5802, alebo krížovým meraním dvoch lineárnych snímačov.

Na meranie prúdenia vzduchu v tuneli sa odporúčajú lineárne snímače smeru a rýchlosti prúdenia vzduchu, merajúce cez prierez dopravného priestoru. Bodové meranie je neprípustné.

### 8.2.3 Snímače opacity a detektory dymu

Rozlišujú sa dva typy snímačov opacity:

- Snímač opacity typ O s vysokou presnosťou a malým rozsahom.
- Snímač opacity typ D s nízkou presnosťou a vysokým rozsahom (detektor dymu).

Požiadavky na rozsah merania, presnosť a čas reakcie sú uvedené v tabuľke 8 týchto TP.

#### 8.2.3.1 Snímače opacity

Odporúča sa vybaviť tunel dodatočne snímačom opacity typu O na zisťovanie riadiacej hodnoty pri normálnej prevádzke len v prípade, že je nutné prepokladať častú prevádzku vetrania v normálnom režime, napr. pri dlhých tuneloch kategórie B alebo C. Snímače opacity musia byť rozmiestnené v nasledujúcich vzdialenostiach:

- Tunel kategórie B cca 120 m pred výstupným portálom alebo v prípade potreby cca 50 m pred odsávacím miestom vetrania na ochranu proti emisiám, ako aj vo vzájomnej vzdialenosti max. 600 m.
- Tunel kategórie C cca 120 m pred obidvoma portálmi, v strede tunela, ako aj vo vzájomnej vzdialenosti max. 600 m.

Pre snímače opacity, ktoré sa nachádzajú vo vzdialenosti menšej ako 500 m od portálu tunela musí byť zabezpečené, aby hmla nebola zaznamenaná ako opacita resp. dym. Alternatívne možno pred portály umiestniť zariadenia na detekciu hmly, aby tak mohla byť overená dôveryhodnosť meraných hodnôt snímačov opacity v tuneli.

#### 8.2.3.2 Detektory dymu

Všetky tunely musia byť vybavené snímačmi opacity typu D (detektory dymu).

Detektory dymu musia byť rozmiestnené v nasledujúcich vzdialenostiach:

- Tunel kategórie A cca 20 m pred výstupným portálom z tunela ako aj vo vzájomnej vzdialenosti max. 150 m.
- Tunel kategórie B cca 20 m pred výstupným portálom z tunela ako aj vo vzájomnej vzdialenosti max. 100 m.
- Tunel kategórie C cca 20 m pred obidvoma portálmi ako aj vo vzájomnej vzdialenosti max. 50 m, pri odsávaní v pozíciách odsávacích klapiek.

Snímače typu D (detektory dymu) musia byť umiestnené tiež v blízkosti všetkých nasávacích otvorov čerstvého vzduchu (pre vetranie technických priestorov, únikových ciest alebo pri priečnom vetraní s vháňaním čerstvého vzduchu).

### 8.2.4 Snímače koncentrácií oxidu uhoľnatého (CO)

Snímače koncentrácií CO musia byť umiestnené v blízkosti portálov, rozvetvení a vo vzdialenostiach:

- V tuneloch s jednosmernou premávkou kategórie A a B cca 120 m pred výstupným portálom z tunela alebo v prípade potreby cca 50 m pred odsávacím miestom vetrania a vo vzájomných max. vzdialenostiach 1 000 m pozdĺž tunela.
- V tuneloch s obojsmernou premávkou kategórie C cca 120 m pred obidvoma portálmi, v strede tunela a vo vzájomných max. vzdialenostiach 1 000 m pozdĺž tunela.

### 8.2.5 Snímače teploty a relatívnej vlhkosti

Snímače teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu musia byť umiestnené v tuneloch kategórie C s dĺžkou viac ako 1 km.

Pre účel signalizácie výskytu rosenia skiel, resp. pre riadenie vetrania sa odporúča nasledovné meranie:

- Vonkajšia teplota v blízkosti portálov (mimo dosah vychádzajúceho tunelového vzduchu a žiarenia).
- Teplota a vlhkosť vo vnútri tunela, vo vzdialenosti cca 100 m od portálov.

### 8.2.6 Sčítače dopravy

Pokiaľ sa predpokladá časté spúšťanie prevádzkového vetrania, musí sa použiť ako ďalší vstupný parameter pre riadenie vetrania aj momentálny počet vozidiel nachádzajúcich sa v tuneli s rozdelením na osobné a nákladné vozidlá.

### 8.2.7 Detekcia požiaru

Detekcia požiaru prostredníctvom systému EPS, poskytuje ďalší vstup na spustenie núdzového vetrania.

Lineárny teplotný hlásič musí pre účely vetrania poskytovať najmenej rozlíšenie vetracích úsekov, ktoré odpovedajú vzdialenosti medzi prúdovými ventilátormi a odsávacími klapkami. Pri tuneloch s odsávaním cez odsávacie klapky sú hranice úsekov umiestnené v strede medzi polohami klapiek. Pri tuneloch s prúdovými ventilátormi medzi pozíciami skupín prúdových ventilátorov.

## 8.3 Ventilátory

### 8.3.1 Prúdové ventilátory

#### 8.3.1.1 Vzdialenosť prúdových ventilátorov

Vzdialenosť medzi skupinami prúdových ventilátorov a skupín prúdových ventilátorov od portálov musí byť minimálne 80 m. Výpočet vetrania musí vziať do úvahy vzájomné pôsobenie rôznych skupín prúdových ventilátorov a pozdĺžneho prúdenia. Pri určení vzdialenosti je potrebné zohľadniť vývoj teplôt v tuneli v čase požiaru a teplotnú odolnosť vetracích zariadení.

#### 8.3.1.2 Vyhotovenie

Môžu sa použiť iba prúdové ventilátory s jednotnou skúškou (ventilátor a motor spolu). Všetky oceľové časti ventilátorov (s výnimkou obežného kolesa), závesné a bezpečnostné zariadenie (vrátane kotiev) musia byť zhotovené z nerezovej ocele, tak ako je uvedené v čl. 8.1 týchto TP. Ventilátor musí byť na stropnú konštrukciu upevnený pomocou pružných závesov. Vibrácie prenášané na stropnú konštrukciu, resp. sekundárne ostenie nesmú prekročiť hodnoty uvedené v čl. 10.2.2.1 týchto TP. Proti spadnutiu musia byť ventilátory zaistené lanami resp. reťazami, ktoré sú samostatne ukotvené na strope tunela. Ložiská motorov musia byť odolné proti vlhkosti, prachu a bez potreby mazania počas celej doby prevádzky.

#### 8.3.1.3 Monitorovanie prúdových ventilátorov

Podrobný popis a rozsah signálov prenášaných prostredníctvom CRS je stanovený v [T4]. Pre monitorovanie prúdových ventilátorov musia byť zabezpečené nasledujúce monitorovacie zariadenia:

- snímanie chodu a identifikácia smeru otáčania ventilátora,
- snímanie vibrácií,
- snímanie teploty vinutia motora pri napájaní a riadení cez frekvenčný menič,
- bezpečnostný spínač spadnutia ventilátora,
- prevádzkové a poruchové signály frekvenčného meniča pri napájaní a riadení cez frekvenčný menič.

### 8.3.2 Prívodné a odsávacie ventilátory

#### 8.3.2.1 Monitorovanie prívodných a odsávacích ventilátorov

Pre monitorovanie prívodných a odsávacích ventilátorov musia byť zabezpečené nasledujúce meracie zariadenia:

- meranie objemového prietoku vzduchu, ktorý je využívaný pre reguláciu pozdĺžneho prúdenia v tuneli,
- meranie stabilného stavu prevádzky ventilátora,
- meranie spotreby elektrickej energie,
- meranie vibrácií na troch osiach x,y,z,
- snímač teploty obidvoch ložísk,
- snímač teploty vinutia motora pri napájaní a riadení cez frekvenčný menič,
- prevádzkové a poruchové signály frekvenčného meniča pri napájaní a riadení cez frekvenčný menič.

## 8.4 Odsávacie klapky

### 8.4.1 Umiestnenie a ovládanie

V systémoch s odsávaním dymu v blízkosti miesta nehody platí nasledovné:

- odsávacie klapky musia byť umiestnené vo vzdialenostiach max. 100 m,
- v jednosmernej premávke sa otvoria 2 odsávacie klapky, obidve za miestom nehody v smere premávky tunela,
- v obojsmernej premávke sa otvoria 2 odsávacie klapky, jedna na každej strane miesta nehody.

### 8.4.2 Vyhotovenie

Odsávacie klapky musia spĺňať aspoň nasledovné požiadavky:

- Voľná plocha prierezu klapky musí byť aspoň 75 % otvoru v medzistrope.
- Ložiskové puzdrá musia byť vyhotovené z materiálov, ktoré majú dobré mazacie vlastnosti aj pri zvýšených teplotách a majú stále protikorózne vlastnosti (sintrovaný bronz nie je povolený).
- Ložiská a nastavovací mechanizmus pre telieska, lišty klapky musia byť odolné proti vnikaniu prachu a vlhkosti.
- Klapky musia byť vyhotovené a v medzistrope umiestnené tak, aby výrazným spôsobom (max. 100 mm) nezasahovali do priestoru kanála a tým nespôsobovali zvyšovanie aerodynamických strát.
- Pohon pre ovládanie klapiek jeho veľkosť a umiestnenie nesmie výrazným spôsobom zasahovať (max. 8 % plochy svetlého prierezu) do priestoru kanála a tým spôsobovať zvyšovanie aerodynamických strát.

### 8.4.3 Netesnosť

Maximálna merná netesnosť klapky  $L_{max,kl}$  pri normálnej hustote vzduchu  $p_0$  je:

$$L_{max,kl} = L_{klapka} \cdot \left( \frac{\Delta p_{max}}{1000} \right)^{0,75} \quad (m^3/(s \cdot m^2)) \quad (20)$$

kde:

$\Delta p_{max}$  je maximálny tlak v mieste klapky podľa výpočtov vetrания (Pa),

$L_{klapka} = 0,05$  straty objemového prietoku na ploche svetlého prierezu klapky pri tlakovom rozdiel 1 000 Pa ( $m^3/(s \cdot m^2)$ ).

### 8.4.4 Monitorovanie klapiek

Pre monitorovanie pohonov klapiek musí byť zabezpečené nasledujúce monitorovacie zariadenie:

- koncový spínač, signalizácia „otvorené – zatvorené“,
- prevádzkové a poruchové signály pohonu klapky.

Pri odsávacích klapkách s plynulým ovládaním, ktoré pri ovládaní môžu mať medzipolohu (na priečne vetranie), je navyše potrebné plynulé monitorovanie polohy (od 0 do 100 % odpovedajúce od 0° do 90°). Ovládanie a monitorovanie musí byť s presnosťou 1°.

Ovládací čas od jednej koncovej polohy do druhej môže byť minimálne 10 s a maximálne 25 s. Pri uzatváraní klapiek nesmú vo vzduchových kanáloch vznikáť náhle nárasty tlaku.

## 8.5 Požiadavky na kanálové klapky

Kanálové klapky musia spĺňať aspoň nasledovné požiadavky:

- Voľná plocha prierezu klapky musí byť aspoň 75 % plochy svetlého prierezu kanála.
- Ovládací čas od jednej koncovej polohy 0° do druhej 90° musí byť maximálne 30 s.

## 8.6 Požiadavky na medzistrop (rozhranie na stavebnú časť)

Pri odsávaní sa odporúča naprojektovať svetlú plochu prierezu odsávacieho kanála v medzistropе na maximálnu rýchlosť prúdenia 20 m/s, za predpokladu odsátého množstva podľa čl. 6.4.1 týchto TP. Odsávací kanál musí byť priechodný so svetlou výškou minimálne 1,9 m. V prípade väčšej rýchlosti prúdenia je potrebné zobrať do úvahy tlakovú stratu, netesnosti kanála a ekonomiku prevádzky.

Netesnosť jedného km odsávacieho kanála, medzistropu nesmie prekročiť:

$$L_{max,ka} = L_{ka} \cdot \left(\frac{\Delta p}{1000}\right)^{0,5} \quad (\text{m}^3 / (\text{s} \cdot \text{km})) \quad (21)$$

kde:

$\Delta p$  je rozdiel tlakov medzi odsávacím kanálom a dopravným priestorom (Pa).

$L_{ka}$  = 5,0 straty objemového prietoku na jeden km kanála pri tlakovom rozdieli 1000 Pa ( $\text{m}^3 / (\text{s} \cdot \text{km})$ ).

## 8.7 Hlučnosť

Úroveň hladiny akustického tlaku ventilátorov v dopravnom priestore a v únikových cestách nesmie pri akomkoľvek prevádzkovom stave (normálna prevádzka, požiarne vetranie, hlavný a reverzný smer) prekračovať hodnotu 85 dB(A) (tolerancia +3,0 dB(A)). Úroveň hladiny akustického tlaku v dopravnom priestore a v únikových cestách je tiež potrebné hodnotiť vo vzťahu k možnému času voľného pohybu osôb v týchto priestoroch.

Úroveň hladiny akustického tlaku vo vonkajších priestoroch nesmie v normálnom režime prekračovať hraničné hodnoty v zmysle platných predpisov na ochranu proti huku. Pri posudzovaní hladiny akustického tlaku musí byť zohľadnený vplyv ostatných zdrojov hluku.

## 9 Stratégia riadenia

### 9.1 Prevádzkové režimy

CRS technologického vybavenia tunela a riadenia dopravy musí byť z hľadiska elektrického prepojenia s riadenými zariadeniami navrhnutý tak, aby umožňoval nasledovné spôsoby ovládania a riadenia zariadení:

- miestny/lokálny: ručné ovládanie jednotlivých komponentov alebo skupín komponentov prostredníctvom CRS, resp. nezávisle od CRS priamo na rozvádzači,
- diaľkový, kde sa predpokladajú režimy automatický, manuálny, režim núteného riadenia, požiarne režim.

Funkcia vetrania, hlavne regulácia prúdenia pri požiarne vetraní, vyhodnotenie nameraných údajov a blokovanie prúdových ventilátorov v blízkosti požiaru, musia byť zabezpečené samostatne bez návaznosti na CRS, ktorý slúži na dohľad a komunikáciu.

Ak je systém v automatickom režime, operátor alebo školený záchranný personál má možnosť vyradiť nastavenia prepnutím na diaľkový alebo miestny režim.

## 9.2 Požiarne vetranie

### 9.2.1 Vyhodnotenie snímačov opacity a detektorov dymu

#### 9.2.1.1 Postupujúci požiar

Požiar sa považuje za postupujúci, ak:

- aspoň jeden snímač, resp. detektor namerajú hodnotu opacity vyššiu ako nízka hraničná hodnota (napr. nastavenie  $12 \text{ km}^{-1}$ ), ale nižšiu ako vysoká hraničná hodnota (napr. nastavenie  $100 \text{ km}^{-1}$ ),
- rýchlosť šírenia dymu je vyššia ako rýchlosť prúdenia vzduchu v tuneli, alebo smer šírenia dymu je opačný ako smer prúdenia vzduchu v tuneli.

#### 9.2.1.2 Stacionárny požiar

Požiar sa považuje za stacionárny, ak:

- aspoň jeden snímač, resp. detektor nameria hodnotu opacity vyššiu ako vysoká hraničná hodnota (napr. nastavenie  $100 \text{ km}^{-1}$ ),
- rýchlosť a smer šírenia dymu je podobná rýchlosti prúdenia vzduchu v tuneli.

Ak sa po zistení postupujúcej nehody vrátia namerané hodnoty opacity a dymu do normálnych hodnôt aspoň na 5 minút, systémy sa vrátia do normálnej prevádzky.

Rýchlosť šírenia dymu je daná vzdialenosťou aktivovaných detektorov dymu delenou časovým oneskorením medzi ich aktivovaním.

### 9.2.2 Predbežný alarm

Predbežný alarm sa spustí prostredníctvom CRS **pre postupujúci požiar a pre neznáme miesto požiaru**:

- automaticky postupujúcim požiarom detegovaným dymovými hlásičmi, príp. snímačmi opacity,
- automaticky z ústredne EPS signalizáciou predbežného alarmu,
- operátorom ručným zadáním.

Odobratie hasiacich prístrojov, aktivácia tlačidlového hlásiča EPS, videodetekcia požiaru a otvorenie únikových dverí nespúšťajú požiarne vetranie, ale len poskytujú varovný signal, tzv. predalarm pre operátora. Signalizácia sa spustí v režime výstrahy-upozornenia, tunel zostáva otvorený. Spustenie predbežného alarmu vykoná operátor po zhodnotení situácie.

Predbežný alarm spustí požiarne vetranie pre stav „neznáme miesto požiaru“ a tunel sa musí pre prevádzku uzavrieť (cestná svetelná signalizácia svieti na portáloch na červeno vo vnútri tunela bliká oranžovým svetlom).



### 9.2.2.1 Reakcia systému vetrания

Systém vetrания vykazuje tieto reakcie pre stav “**neznáme miesto požiaru**“:

Tabuľka 9 - Reakcia systému pri predbežnom alarme

Kategória tunela	Cieľové hodnoty vetrания pre jednotlivé kategórie tunelov a koncepcie vetrания	
	Systém bez odsávania dymu	Systém s odsávaním dymu v blízkosti požiaru
A	Spustí sa regulácia (cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,5 – 2,0 m/s), len keď je prúdenie pomalšie ako cieľová hodnota (prirodzené prúdenie spôsobené premávkou sa nebrzdí!), miesto požiaru sa predpokladá pred výjazdným portálom (v smere jazdy)	Spustí sa odsávanie na 50 % výkonu. Miesto odsávania je pred výjazdným portálom
B	Spustí sa regulácia (cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,0 – 1,5 m/s), miesto požiaru sa predpokladá pred výjazdným portálom (v smere jazdy)	Spustí sa odsávanie na 50 % výkonu. Miesto odsávania je pred výjazdným portálom
C	Spustí sa regulácia (cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,0 – 1,5 m/s), miesto požiaru sa predpokladá v strede tunela	Spustí sa odsávanie na 50 % výkonu. Miesto odsávania je v strede tunela
		Pri tuneloch s priečnym vetráním sa vypne prívod vzduchu

### 9.2.3 Alarm

Alarm sa spustí prostredníctvom CRS **pre stacionárny požiar a známe miesto požiaru**:

- automaticky dymovým hlásičom, príp. snímačom opacity,
- automaticky z ústredne EPS na základe aktivácie EPS hlásičov, líniovým teplotným hlásičom,
- operátorom cez CRS.

#### 9.2.3.1 Reakcia systému vetrания

Systém vetrания vykazuje tieto reakcie pre stav požiarne vetrание. Pri všetkých tuneloch sa spustí riadenie na cieľové hodnoty podľa čl. 5.3.1 **s určeným miestom požiaru**. Keď je požiar s určeným miestom vo vzdialenosti do cca 100 m od portálu, spustí sa vetrание smerom von z portálu, aby sa dosiahol stav ako pri kroku dva podľa čl. 5.3.2.

Pri tuneloch s odsávaním sa spustí odsávanie na 100 % kapacity na mieste požiaru. Pri tuneloch s priečnym vetráním sa vypne prívod vzduchu.

#### 9.2.4 Odvetranie dymu

Režim odvetranie dymu v kroku dva podľa čl. 5.3.2 sa spustí manuálne na základe požiadavky HaZZ. Pri tuneloch s odsávaním sa odvetráva bez zmeny režimu.

### 9.3 Vetrание paralelného tunela

Pri tuneloch s dvoma paralelnými tunelovými rúrami sa musí tunelová rúra bez nehody vetrať:

- aby sa zabezpečilo vetranie núdzových východov (pozri čl. 3.1.2 týchto TP),
- aby sa zabránilo recirkulácii portálmi.

Zvyčajne sú prúdové ventilátory na oboch koncoch nezasiahnutého tunela zapnuté s ich ťahom smerom dovnútra tunela, aby sa dosiahla požiadavka čl. 7.1. Smer prúdenia vzduchu v nezasiahnutom tuneli musí byť rovnaký ako v zasiahnutom. Rýchlosť prúdenia vzduchu v nezasiahnutom tuneli, na jeho výdušnom portáli musí dosahovať hodnotu aspoň 0,5 m/s.

### 9.4 Požiarne scenáre

Požiarne scenáre obsahujú aj činnosť vetrania v čase požiaru. Ak je v tuneli inštalované stabilné hasiace zariadenie (SHZ), požiarový scenár musí zohľadňovať vzájomné interakcie medzi vetraním a SHZ.

### 9.5 Normálna prevádzka

#### 9.5.1 Všeobecné požiadavky

Systém vetrania je potrebné prevádzkovať tak, aby sa neprekročili stanovené hodnoty pre opacitu a koncentrácie CO vo vnútri tunela uvedené v tabuľke 4 týchto TP.

Aby bola stratégia riadenia pre normálnu prevádzku energeticky účinná, musí využívať čo najviac prirodzené prúdenie. Pozdĺžne vetranie by sa nemalo prevádzkovať proti prirodzeným tlakom a doprave.

Pri tuneloch s pozdĺžnym vetraním sa počet prevádzkovaných ventilátorov určuje podľa nameranej hodnoty opacity. Ventilátory sa musia používať striedavo, aby sa zabezpečilo rovnomerné opotrebovanie.

Pri tuneloch s odsávaním sa odsáva na mieste s najvyššou nameranou hraničnou hodnotou opacity, resp. koncentrácie CO. Odsáva sa rovnako ako pri požiarom vetraní ale bez regulácie pozdĺžneho prúdenia vzduchu. Objem odsávaného vzduchu sa určuje na základe nameranej hodnoty opacity, resp. koncentrácie CO podľa toho, ktorá hodnota je väčšia.

#### 9.5.2 Scenáre pre normálnu prevádzku

Pre normálnu prevádzku musia byť vypracované scenáre vetrania so zohľadnením všeobecných požiadaviek z čl. 9.5.1 a čl. 8.2.6 týchto TP. Spravidla sa používa pevné nastavenie vetrania v jednotlivých stupňoch v závislosti od opacity resp. koncentrácií CO.

### 9.6 Údržba

Režim vetrania počas údržby je nastavený ručne, aby sa dosiahla akceptovateľná kvalita vzduchu pre pracovisko pri dlhej dobe expozície (hodnota oxidu uhoľnatého pre osem hodinovú expozíciu 30 ppm). Automatické spustenie núdzového vetrania nie je možné. Počas údržby sa môžu požadovať ďalšie prevádzkové opatrenia, napr. zníženie rýchlosti alebo uzatvorenie tunela.

## 10 Zabezpečenie kvality

### 10.1 Skúšky vo výrobe a v skúšobni (FAT)

#### 10.1.1 Všeobecné požiadavky

Pre sériovo vyrábané produkty sa musia predložiť vyhlásenia o parametroch. Všetky skúšky typu a štandardné skúšky na elektrických motoroch musia byť realizované v zmysle STN EN 60034-1 a zaznamenané vo vyhláseniach o parametroch.

#### 10.1.2 Prúdové ventilátory

Záručné hodnoty garantované dodávateľom :

- statický ťah podľa STN EN ISO 13350,
- úroveň akustického výkonu podľa STN EN ISO 13350,

- elektrický príkon,
- vibrácie.

Všetky merania sa vykonávajú pre obidva smery prúdenia, výnimkou je prevádzka prúdových ventilátorov používaných výlučne v hlavnom smere vetrania. **Pri meraní statického ťahu podľa STN EN ISO 13350 sa odporúča priame meranie na meracej stolici.**

### 10.1.3 Prívodné a odsávacie ventilátory

Záručné hodnoty garantované dodávateľom podľa STN EN ISO 5801:

- menovitý prevádzkový bod, prietok a tlak,
- elektrický príkon,
- bod odtrhnutia prúdenia, labilná prevádzka ventilátora.

Pri prívodných a odsávacích ventilátoroch sa stanovujú pre každý typ ventilátora charakteristiky tlaku, výkonu a účinnosti v závislosti od objemového prietoku podľa STN EN ISO 5801. Zvlášť je potrebné preveriť nábeh a paralelnú spoluprácu dvoch odsávacích ventilátorov a ich prevádzkové body.

### 10.1.4 Odsávacie klapky

Záručné hodnoty garantované dodávateľom:

- svetlá plocha otvorenej klapky v zabudovanom stave,
- prípustná merná netesnosť klapky  $L_{max}$  pri normálnej hustote vzduchu  $\rho_0$  stanovená zo vzťahu (20).

V skúšobni je každý typ klapky overený jednou vzorovou klapkou vrátane pohonu s využitím nasledujúceho postupu:

- meranie svetlej plochy klapky,
- čas otvorenia a zatvorenia klapky,
- 100 prevádzkových cyklov (otvorenie – zatvorenia) a meranie prietoku jej netesnosti pri zavretej klapke pri max. prevádzkovom tlaku  $\Delta p_{max}$  podľa projektu.

### 10.1.5 Riadiaci systém vetrania

Skúšky riadenia vetrania riadiacim systémom slúžia na vyskúšanie všetkých možných programov, vrátane všetkých scenárov výpadkov meracích prístrojov, ventilátorov a klapiek. Riadenie musí byť vyskúšané pred aplikáciou v tuneli.

## 10.2 Skúšky v tuneli (SAT)

### 10.2.1 Všeobecne

Úspešné vykonanie skúšok v tuneli je predpokladom pre prebratie zariadení investorom. Všetky aerodynamické merania v tuneli je potrebné realizovať v zmysle STN EN ISO 5802.

Po dobu všetkých meraní je potrebné určiť vždy hustotu vzduchu na základe merania teploty vzduchu a barometrického tlaku.

Na realizáciu skúšok v tuneli sa musí vypracovať plán funkčných skúšok, ktorý musí obsahovať podrobnú náplň jednotlivých skúšok a časový harmonogram. Harmonogram musí mať dostatočnú časovú rezervu na odstránenie zistených nedostatkov a opakovanie skúšok. Plán a harmonogram musí byť schválený investorom.

### 10.2.2 Individuálne funkčné skúšky požiaro bezpečnostných a vetracích systémov

#### 10.2.2.1 Prúdové ventilátory

Záručné hodnoty garantované dodávateľom:

- 1 Rýchlosť kmitania pre obidva smery prúdenia vzduchu, výnimkou je prevádzka prúdových ventilátorov len v hlavnom smere:

- Max. 4,5 mm/s v ľubovoľnom bode ventilátora a tlmiča podľa [T11].
  - Max. 1 mm/s v ľubovoľnom bode závesnej konštrukcie a stavebného objektu.
- 2 Ďalšie skúšky v tuneli pre prúdové ventilátory zahŕňajú pre každý jednotlivý ventilátor:
- Kontrolu protikoróznej ochrany.
  - Kontrolu smeru otáčania a smeru prúdenia.
  - Meranie elektrického príkonu.
  - Nastavenie rozbehových parametrov pre dosiahnutie cieľov vetrania v stanovenom čase.
  - Meranie nábehovej doby pri zmene smeru prúdenia, hlavný a reverzný smer.

#### 10.2.2.2 Prívodné a odsávacie ventilátory

- 1 Záručné hodnoty garantované dodávateľom, vibrácie vo všetkých prípustných prevádzkových stavoch v zabudovanom stave:
- Max. 4.5 mm/s v ľubovoľnom bode aktívnej časti ventilátora podľa [T11].
  - Max. 1 mm/s v ľubovoľnom bode pevnej časti ventilátora (nasávací dýza, difúzor apod.) a na stavebnom objekte.
- 2 Záručné hodnoty garantované projektantom:
- Menovitý prevádzkový bod, prietok, tlak.
  - Elektrický príkon.
  - Bod odtrhnutia prúdenia.
- 3 Ďalšie skúšky v tuneli pre prívodné a odsávacie ventilátory obsahujú pre každý ventilátor:
- Kontrolu protikoróznej ochrany.
  - Kontrolu správneho smeru otáčania.
  - Meranie teploty motora a ložísk v rovnovážnom stave v prevádzke pri plnej záťaži.
  - Kontrolu všetkých meracích a monitorovacích signálov.
  - Meranie nábehovej doby.

Meranie objemového prietoku podľa STN EN ISO 5802 s počtom 6 x 4 meracích bodov. Meranie, ktoré slúži tiež na kalibráciu meracieho zariadenia objemového prietoku, je potrebné prednostne realizovať v mieste s kruhovým prierezom.

Po kalibrácii je možné realizovať ďalšie merania pre určenie prevádzkových bodov so zabudovaným meracím zariadením objemového prietoku.

#### 10.2.2.3 Odsávacie klapky

Skúšky v tuneli obsahujú pre každú klapku:

- kontrolu protikoróznej ochrany,
- skúšku funkčnosti s miestnym ovládaním.

#### 10.2.2.4 Netesnosť odsávania

Pri zariadení s odsávacími kanálmi je potrebné stanoviť netesnosť kanála a zatvorených klapiek. Meranie je potrebné uskutočniť buď meraním prúdenia vzduchu podľa STN EN ISO 5802 pomocou meracích bodov s najmenším počtom 5 x 5 meracích bodov v odsávacom kanáli minimálne 20 m pred najvzdialenejšou otvorenou klapkou alebo pomocou merania prietoku s využitím indikačného plynu.

#### 10.2.2.5 Hluk

Meranie hlučnosti sa realizuje podľa STN ISO 1996 -1:

- V tuneli, pri plnej prevádzke vetrania tunela (v prevádzke všetky prúdové ventilátory) v miestach prúdových ventilátorov 1,5 m ± 0,2 m nad jazdnou dráhou. Pri prívodných

a odsávacích ventilátoroch na minimálne 10 kritických bodoch rozložených po dĺžke tunela 1,5 m  $\pm$  0,2 m nad jazdnou dráhou.

- V únikovej ceste, štôlni pri plnej prevádzke vetrания únikovej cesty, na kritických bodoch 1,5 m  $\pm$  0,2 m nad podlahou.
- Vonku pred tunelom, na reprezentatívnych meracích bodoch, ktoré sú kritické pre splnenie vonkajších hraničných hodnôt hlučnosti v zmysle legislatívy napr. pre najbližšie budovy v okolí tunela.

#### 10.2.2.6 Kontrola a kalibrácia meracích zariadení prúdenia vzduchu

Kalibrácia meracích zariadení prúdenia vzduchu sa musí realizovať pomocou meracej siete s najmenej 5 x 5 meracími bodmi v dopravnom priestore v zmysle STN EN ISO 5802, s kontinuálnym záznamom meracích hodnôt pri dynamickom priebehu prúdenia vzduchu alebo alternatívne krížovým meraním dvoch lineárnych anemometrov. Kalibrácia sa vhodne realizuje súčasne s meraním pozdĺžneho vetrания v zmysle čl. 10.2.3 týchto TP.

Pri tuneloch bez prúdových ventilátorov, resp.injektorov je nutné nastaviť rôzne pozdĺžne prúdenie pomocou mobilných prúdových ventilátorov.

Po dobu merania musia byť všetky otvory v tuneli (dvere núdzových východov, odsávacie klapky, uzatváracie klapky prírodných a odsávacích ventilátorov) uzavreté.

Pre určenie kalibračného faktora je potrebné využiť minimálne 100 meracích hodnôt v rozsahu od 0 m/s do 3 m/s v oboch smeroch vetrания.

#### 10.2.2.7 Kalibrácia a kontrola snímačov opacity, prípadne iných škodlivých látok

Snímače opacity musia byť kalibrované pomocou definovaného priehľadného pevného telesa. Všetky snímače škodlivých látok musia byť kalibrované pomocou vhodného kalibračného plynu. Kontrola snímačov opacity sa realizuje pomocou generátorov dymu, ktoré sú prednostne umiestnené na jeden z portálov tunela. Pomocou vetracieho zariadenia (prúdové ventilátory / injektory), alebo mobilných prúdových ventilátorov je potrebné nastaviť pozdĺžne prúdenie tak, aby reagovali všetky snímače opacity na celú dĺžku tunela s prekročením hraničnej hodnoty [30 km<sup>-1</sup>]. Vlastnosti skúšobného dymu musia spĺňať požiadavky čl. 11.2 týchto TP.

#### 10.2.3 Skúšky pozdĺžneho vetrания

Cieľom skúšok pozdĺžneho vetrания je overenie, či realizované vetrание zodpovedá projektovanému stavu. Skúšky sa realizujú pod záťažou, s protitlakmi.

Záručné hodnoty garantované projektantom sú pri všetkých tuneloch rýchlosti pozdĺžneho prúdenia v oboch smeroch, ktoré sa musia dosiahnuť v prázdnom tuneli.

Meranie pozdĺžneho vetrания sa vhodne realizuje súčasne s kalibráciou snímačov smeru a rýchlosti prúdenia vzduchu. Ak meracie prístroje prúdenia vzduchu v tuneli nie sú použiteľné, musí sa meranie realizovať najmenej v 5 x 5 meracích bodoch v dopravnom priestore v zmysle STN EN ISO 5802.

Nasledujúce meranie pozdĺžneho prúdenia musí byť realizované v prázdnom dopravnom priestore po úspešnom ukončení individuálnych skúšok prúdových ventilátorov:

1. Prírodné prúdenie vzduchu.
2. Prúdenie vzduchu pri prevádzke všetkých prúdových ventilátorov v hlavnom smere.
3. Prírodné prúdenie vzduchu.
4. Prúdenie vzduchu pri prevádzke všetkých prúdových ventilátorov v reverznom smere.
5. Prírodné prúdenie vzduchu.

Pri dvojrúrovňových tuneloch je nutné dodatočne merať rýchlosti prúdenia pri scenároch požiarneho vetrания v zasiahnutej a nezasiahnutej rúre. Po dobu merania musia byť všetky otvory v tuneli (dvere priechodov a núdzových východov, odsávacie klapky, uzatváracie klapky prírodných a odsávacích ventilátorov) uzavreté.

#### 10.2.4 Priechne prepojenie a vetranie chránených únikových ciest

Skontrolované musia byť nasledujúce veličiny:

- Sila potrebná na otvorenie dverí núdzového východu v požiarnom režime vetrania únikových ciest pri súčasnej prevádzke požiarného vetrania v tuneli.
- Diferenciálny tlak cez zatvorené dvere núdzového východu v požiarnom režime vetrania únikových ciest, pri súčasnej prevádzke požiarného vetrania v tuneli.
- Rýchlosť prúdenia vzduchu cez otvorené dvere núdzového východu (min. 5 náhodných meraní po celej ploche dverí) v požiarnom režime vetrania únikových ciest pri súčasnej prevádzke požiarného vetrania v tuneli. Nepriaznivé podmienky je nutné simulovať napr. postavením nákladného vozidla pred únikové dvere.

#### 10.2.5 Komplexné skúšky (SIT)

Pre komplexné skúšky je nutné vypracovať podrobný program s definíciou všetkých skúšobných scenárov, vrátane poruchových stavov. Pre každý scenár je potrebné definovať akceptačné kritéria.

Podrobné skúšky požiarného vetrania musia byť povinne realizované pred otvorením tunela. Skúšky podstatných programov normálnej prevádzky vetrania, musia byť realizované pred otvorením tunela, mnohé detaily môžu byť overené a optimalizované až v čase prevádzky.

Na skúšku algoritmu detekcie dymu sa spravidla používa stacionárny zdroj dymu a pojazdný zdroj dymu na vozidle. Vlastnosti skúšobného dymu musia zodpovedať požiadavkám čl. 11.2 týchto TP.

V tuneli musia byť vyskúšané podstatné požiarné programy pre všetky kritické situácie vrátane náhodných skúšok scenárov poruchových stavov. Musí sa dokázať dosiahnutie cieľových stavov podľa čl. 5.3.1 a 5.3.2 pre všetky možné kritické hraničné podmienky (prirodené tlaky v smere aj proti smeru požadovaného prúdenia). Na tento účel sú dôležité simulácie hraničných podmienok pomocou mobilných prúdových ventilátorov.

Po dobu skúšok v tuneli musia byť všetky merané hodnoty, predovšetkým rýchlosť prúdenia vzduchu a všetky prevádzkové stavy vetracích zariadení priebežne zaznamenané. Na základe dynamického chovania je prípadne možné optimalizovať reguláciu. Pri skúškach koordinácie všetkých bezpečnostných zariadení musia byť overené všetky možné závislosti, pri vetraní zasa všetky kritické prípady v zmysle čl. 4.3 a 6.3.3 týchto TP.

Scenáre výpadku musia byť overené náhodnou skúškou s výpadkom jednotlivých prístrojov, komunikácie a jednotlivých zariadení. Je potrebné skontrolovať predovšetkým všetky možné scenáre výpadkov dodávky elektrického prúdu.

## 11 Dymové skúšky

### 11.1 Rozsah dymových skúšok

V čase uvádzania tunela do prevádzky musia byť vykonané dymové skúšky. Cieľom skúšok je overenie požiarného vetrania:

- Správnej funkcie snímačov opacity a dymových hlásičov.
- Meracích zariadení smeru a rýchlosti prúdenia.
- Rýchlosti a presnosti určenia miesta udalosti.
- Času reakcie meracích systémov.
- Časového priebehu prechodových stavov, simulácia dopravy, spustenie vetrania, reverzácia vetrania v nezasiahutej tunelovej rúre.
- Stratifikácie dymovej vrstvy.
- Recirkulácie dymu na portáloch.
- V systémoch s odsávaním dĺžka zadymenej zóny.
- Skúška ochrany únikových ciest v priečných prepojeniach.
- Skúška vetrania nezasiahutej tunelovej rúry alebo únikovej štólne pre vybrané scenáre.
- Overenie stratégie zásahu hasičských jednotiek.

Scenáre pre dymové skúšky je treba stanoviť na základe kategórie tunela a projektu s možnou variáciou nasledujúcich parametrov:

- programy požiarneho vetrania,
- protitlaky / prirodzené pozdĺžne prúdenie z jednej strany – z druhej strany (napr. kritické prípady v zmysle čl. 4.3 a 6.3.3 týchto TP, pričom protitlaky je treba nastaviť pomocou mobilných prúdových ventilátorov,
- množstvo dymu najmenej cca 20 m<sup>3</sup>/s (zodpovedá požiaru osobného vozidla 5 MW).

## 11.2 Požiadavky na skúšobný dym

Pre vizualizáciu musí byť optická hustota skúšobného dymu podobná ako pri skutočnom požiari vozidla. Vznikajúce teplo musí umožniť vrstvenie dymu pri okolitej teplote vzduchu v tuneli, pri pozdĺžnej rýchlosti prúdenia < 2 m/s a bez jeho rušenia.

Pre všetky skúšky v tuneloch musí skúšobný dym splniť nasledujúce požiadavky:

- snímače opacity a detektory dymu musia na skúšobný dym bezchybne reagovať aj pri potláčaní hmly,
- vznikajúce teplo nesmie poškodiť zariadenie v tuneli,
- skúšobný dym musí byť netoxický,
- skúšobný dym nesmie spôsobovať koróziu,
- skúšobný dym nesmie zanechať žiadne nánosy na zariadeniach inštalovaných v tuneli, predovšetkým na meracích prístrojoch a kamerách.

## 11.3 Rozsah dokumentácie vyhodnotenia

Výsledky sa musia dokumentovať:

- videozáznamom,
- záznamom stavu všetkých relevantných bezpečnostných zariadení vrátane senzorov tak, ako sa požaduje v čl. 11.1 týchto TP,
- záznamom stavu všetkých vetracích zariadení,
- záznamom meteoúdajov z meteostaníc tunela v predmetnom časovom úseku,
- podrobnou správou so všetkými relevantnými pozorovaniami a hodnoteniami.